



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE
CENTRO DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA ELÉTRICA



Novas Ferramentas para Monitoramento Ambiental Usando SIG Web.

Igor Pinheiro de Sales Cabral

Orientador: Prof. Dr. Luiz Marcos Garcia Gonçalves

Tese de Doutorado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica e de Computação da UFRN (área de concentração: Engenharia de Computação) como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutor em Ciências.

Natal, RN, dezembro de 2008

Divisão de Serviços Técnicos

Catálogo da Publicação na Fonte. UFRN / Biblioteca Central Zila Mamede

Cabral, Igor Pinheiro de Sales.

Novas ferramentas para monitoramento ambiental usando SIG Web /
Igor Pinheiro de Sales Cabral. – Natal, RN, 2008.

115 f.

Orientador: Luiz Marcos Garcia Gonçalves

Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte.
Centro de Tecnologia. Programa de Pós-Graduação em Engenharia
Elétrica.

1. SIG Web – Tese. 2. Ajax – Tese. 3. Recifes de corais – Tese. 4.
Monitoramento ambiental – Tese. I. Gonçalves, Luiz Marcos Garcia. II.
Universidade Federal do Rio Grande do Norte. III. Título.

RN/UF/BCZM

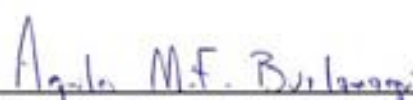
CDU 81.3:911(043.2)

Novas Ferramentas para Monitoramento Ambiental Usando SIG Web.

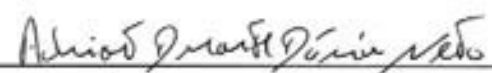
Igor Pinheiro de Sales Cabral

Tese de Doutorado aprovada em 19 de dezembro de 2008 pela banca examinadora composta pelos seguintes membros:



Prof. Dr. Luiz Marcos Garcia Gonçalves (Orientador) UFRN


Prof. Dr. Aquiles Medeiros Filgueira Burlamaqui UERN


Prof. Dra. Valéria Gonçalves Soares UFPB


Prof. Dr. Adrião Duarte Dória Neto UFRN


Prof. Dr. Agostinho de Medeiros Brito Júnior UFRN


Prof. Dr. Ricardo Farias do Amaral UFRN

*Aos meus pais, Lagreca e Mary, pelo
ensino da vida.*

Agradecimentos

Seria impossível lembrar de todos amigos que contribuíram para elaboração deste trabalho. Aos não citados, desde já meu muito obrigado.

Em particular, gostaria de agradecer, imensamente, ao meu orientador e amigo: Prof. Dr. Luiz Marcos Garcia Gonçalves que tem acreditado no meu trabalho desde a época da graduação. Essa grande pessoa foi responsável por boa parte dos meus estudos acadêmicos e devo esta Tese a ele. Portanto, obrigado pelo que você me proporcionou, meu grande amigo.

Aos professores Dr. Aquiles Medeiros Filgueira Burlamaqui (UERN), Dra. Valéria Gonçalves Soares (UFPB), Dr. Adrião Duarte Dória Neto (UFRN), Dr. Agostinho de Medeiros Brito Júnior e ao Dr. Ricardo Farias do Amaral (UFRN) pela avaliação desta Tese através de críticas, correções e sugestões, contribuindo com a qualidade do trabalho.

Um especial agradecimento vai aos amigos João Carlos Xavier Júnior e Natal Henrique Cordeiro. Essas pessoas incríveis me ajudaram intensamente em inúmeras questões acadêmicas.

Novamente gostaria de agradecer ao amigo Prof. Dr. Ricardo Farias do Amaral, que vem me auxiliando desde o mestrado, seja participando das bancas, seja disponibilizando as informações necessárias.

À Universidade Federal do Rio Grande do Norte, UFRN, por me conceder a oportunidade de crescimento profissional e pessoal.

À CAPES, pelo apoio financeiro. Tenho certeza que sem este auxílio não teria conseguido chegar ao fim.

À minha amada noiva, Lorena Cavalcanti, por me ajudar a superar todos os obstáculos surgidos e pelo apoio incondicional. Saiba, meu amor, que sua ajuda foi fundamental para a conclusão desta Tese. Muito obrigado. Eu te amo!

Aos amigos Felipe Neves, Carlos Silva, Marcus Barreto, Marcelo Figueiredo, Pablo Farias, Marcelo Lisboa e Rafael Galvão pelos inesquecíveis momentos não acadêmicos.

Queria, ainda, fazer um agradecimento à parte para a minha mãe Mary Cabral, pela grande amiga que foi em todos os momentos. Creio que uma boa porcentagem desta Tese foi feita graças aos constantes incentivos dela. Obrigado por ter me dado tantas alegrias e forças.

E... Especialmente, aos meus irmãos que sempre acreditaram na conclusão deste trabalho e ao meu pai Ricardo Lagreca pelo carinho e esforços empenhados.

Resumo

O uso de Sistemas de Informações Geográficas (*SIG*) tem se tornado essencial nos campos onde os detalhes e estudos precisos da superfície terrestre são requeridos. Aplicações em monitoramento ambiental são exemplos que requerem o uso de um *SIG* para que os gestores e toda a comunidade envolvida possam realizar as análises e decisões em cima das áreas de proteção ambiental. Neste campo específico, um desafio é construir um *SIG* que possa ser alimentado dinamicamente com dados, permitindo que os próprios pesquisadores enviem frequentemente os dados ao sistema. Em alguns casos, os dados são adquiridos de diferentes fontes e precisam ser centralizados em um só sistema. Para solucionar este problema, ferramentas foram implementadas nesta Tese, possibilitando que os dados espaciais sejam devidamente tratados na *Web*. Com efeito, a pesquisa envolvida nesta Tese tem início a partir da inserção e processamento de dados obtidos *in-loco*, como variáveis bióticas e geológicas, e é finalizada com a representação dessas informações na *Web*. Para a consecução deste processo dinâmico foram desenvolvidas ferramentas que tornam o *MapServer* mais flexível e dinâmico, permitindo que o próprio usuário envie os dados coletados. Além disso, um módulo que utiliza técnicas de interpolação espacial para auxiliar as análises espaciais foi, também, implementado. Como meio de validação do sistema foram utilizados dados provenientes de pesquisas em uma região de recifes de corais, no Nordeste do Brasil. Por fim, este sistema foi implementado através do uso dos conceitos de interatividade que são dados pelo *AJAX*, se tornando uma ferramenta para controle dos eventos relacionados ao monitoramento ambiental.

Palavras-chave: *SIG Web*, *AJAX*, recifes de corais, monitoramento ambiental.

Abstract

The use of Geographic Information Systems (GIS) has becoming very important in fields where detailed and precise study of earth surface features is required. Applications in environmental protection are such an example that requires the use of GIS tools for analysis and decision by managers and enrolled community of protected areas. In this specific field, a challenge that remains is to build a GIS that can be dynamically fed with data, allowing researchers and other agents to recover actual and up to date information. In some cases, data is acquired in several ways and come from different sources. To solve this problem, some tools were implemented that includes a model for spatial data treatment on the Web. The research issues involved start with the feeding and processing of environmental control data collected in-loco as biotic and geological variables and finishes with the presentation of all information on the Web. For this dynamic processing, it was developed some tools that make *MapServer* more flexible and dynamic, allowing data uploading by the proper users. Furthermore, it was also developed a module that uses interpolation to aiming spatial data analysis. A complex application that has validated this research is to feed the system with data coming from coral reef regions located in northeast of Brazil. The system was implemented using the best interactivity concept provided by the *AJAX* model and resulted in a substantial contribution for efficiently accessing information, being an essential mechanism for controlling events in the environmental monitoring.

Keywords: *Web GIS, AJAX, coral reefs, environmental monitoring.*

Sumário

Sumário	i
Lista de Figuras	iv
Lista dos Trechos de Códigos	vi
1 Introdução	1
1.1 Abordagem do problema em nível geral	2
1.2 Motivação	4
1.2.1 Nosso trabalho anterior	5
1.3 Resumo das contribuições do trabalho	6
1.4 Estrutura da Tese	7
2 Embasamento Teórico	8
2.1 Sistema de informação	8
2.2 Sistema de informação cliente-servidor	8
2.3 Informação geográfica	9
2.4 <i>SIG</i>	9
2.4.1 Classificação dos <i>SIGs</i>	10
2.4.2 Estrutura de um <i>SIG</i>	11
2.5 <i>SIG Web</i>	11
2.5.1 Composição dos <i>SIGs Web</i>	13
2.6 O ambiente <i>MapServer</i>	13
2.7 Desenvolvimento Baseado em <i>AJAX</i>	15
2.7.1 Modelo síncrono × Modelo <i>AJAX</i>	15
3 Trabalhos Relacionados	22
3.1 Trabalhos sobre corais	23
3.1.1 Trabalhos sobre corais sem publicação em mapas	23
3.1.2 Trabalhos sobre corais com publicação em mapas estáticos	24

3.1.3	Trabalhos sobre corais com publicação em mapas dinâmicos	25
3.2	Trabalhos que não envolvem corais	26
3.3	Trabalhos com utilização de interpoladores	27
3.4	Outros trabalhos	29
3.5	Discussões	30
4	O problema	32
4.1	Criação da ferramenta interativa	34
4.1.1	Módulo perfis	35
4.1.2	Módulo <i>up-load</i>	37
4.1.3	Módulo interpolação	38
4.1.4	Método <i>IDW</i> aplicado ao sistema	41
5	Implementações	43
5.1	Metodologias e técnicas	43
5.2	Visão geral do sistema	44
5.2.1	Tela de abertura do sistema	46
5.2.2	Tela principal	48
5.2.3	Diagrama de seqüência	52
5.3	Implementação do módulo perfil	53
5.4	Implementação do módulo <i>up-load</i>	56
5.4.1	Diagrama de classe relacionado ao cadastro dos usuários	56
5.4.2	Esquema de criação do <i>login</i>	56
5.4.3	Esquema de criação do arquivo <i>mapfile</i>	58
5.4.4	Inserção de dados	61
5.4.5	Remoção de tabelas	65
5.5	Implementação do módulo interpolação	65
5.5.1	Filtragem e captura (fase 1)	66
5.5.2	Buscando dados (fase 2)	67
5.5.3	Interpolação (fase 3)	69
5.5.4	Visualizando o valor estimado (fase 4)	70
6	Experimentos e Resultados	73
6.1	Aquisição e uso de dados	73
6.1.1	Usando imagens de pequeno formato	73
6.1.2	Coleta, inserção e visualização de dados submersos	76
6.2	Validação funcional do sistema proposto	80

6.2.1	Testando o uso de tiles	80
6.2.2	Utilizando perfis	82
6.2.3	Inserção dinâmica de dados	85
6.2.4	Correlação de dados baseada em interpolação <i>on-line</i>	89
6.2.5	Visualização de dados (emersos e submersos)	90
6.2.6	Análise e correlação de dados	93
7	Conclusões	95
7.1	O sistema desenvolvido	95
7.2	Contribuições e conclusões	96
7.3	Trabalhos futuros	97
7.3.1	Mudança da área de trabalho e do tipo de monitoramento	98
7.3.2	Uso de agentes autônomos para otimização	98
7.3.3	Interpolação em <i>shapes</i>	99
7.3.4	Integração com técnicas de realidade virtual	99
	Referências bibliográficas	100
A	Informações adicionais	110
A.1	Especificações técnicas dos equipamentos utilizados	110
A.1.1	Aeromodelo	110
A.1.2	Filmadora	112
A.1.3	Máquina fotográfica	113
A.1.4	GPS	114

Lista de Figuras

1.1	Localização dos Parrachos de Maracajaú	3
2.1	Elementos de um <i>SIG Web</i>	13
2.2	Transmissão de informações: Modelo síncrono	16
2.3	Transmissão de informações: Modelo <i>AJAX</i>	17
2.4	Volume de transações: Modelo síncrono \times Modelo <i>AJAX</i> [Crane 2006]	18
3.1	Destaque à imprecisão de alguns sistemas	26
3.2	Lista dos trabalhos relacionados	31
4.1	Número de <i>snorkelings</i> nos Parrachos de Maracajaú de 1995 a 2000.	33
4.2	Visão geral dos módulos componentes	35
4.3	Ilustração do processo de interpolação: amostras (cruzes) e aproximação da superfície por uma grade regular (círculos)	40
4.4	Método do inverso da potência das distâncias em valores aleatórios	42
5.1	Diagrama de caso de uso do sistema	44
5.2	Tela de abertura	46
5.3	Tela de abertura ampliada na área de seleção de perfil	47
5.4	Tela de abertura ampliada na área de <i>login</i>	47
5.5	Ícones para seleção do idioma	47
5.6	Tela principal	48
5.7	Tela principal destacada na área do conjunto das camadas	49
5.8	Controles das camadas	49
5.9	Barra de ferramentas	51
5.10	Diagrama de seqüência	52
5.11	Perfis e <i>shapefiles</i> associados	54
5.12	Esquema das tabelas relacionadas ao cadastro do usuário	57
5.13	Formulário para cadastro de usuário	57
5.14	Painel de comando (envio de <i>shapefiles</i>)	63
5.15	Processo de remoção de camadas	65

5.16	Fases de execução do sistema	66
5.17	Tela com o módulo da interpolação habilitado	71
5.18	Gráfico em barras de acordo com um ponto clicado no mapa	72
6.1	Visão geral do sistema de aquisição de dados	74
6.2	Imagem de pequeno formato inserida no sistema e sua classificação	75
6.3	Imagens capturadas pelo aeromodelo	76
6.4	Imagens submersas capturadas	77
6.5	Rota e pontos de ancoragem para a coleta de imagens submersas	78
6.6	Tabela com as classificações dos pontos coletados	79
6.7	<i>Tiles e subtiles</i>	81
6.8	<i>Tiles e subtiles</i> em visão aproximada	81
6.9	Seqüência da seleção do perfil biólogo	82
6.10	Mapa com perfil do biólogo	83
6.11	Mapa com perfil do turista	84
6.12	Painel de comando ilustrando as opções de inserção de dados	85
6.13	Painel de comando (criação da tabela para armazenar os pontos clicados)	86
6.14	Painel de comando (inserção de pontos no mapa)	87
6.15	Tela principal - destaque nos pontos inseridos pelo usuário	88
6.16	Informações dos pontos inseridos	88
6.17	Gráfico da interpolação	89
6.18	Imagem visualizada em nível mínimo de <i>zoom</i>	91
6.19	Ao aproximar, o vídeo submerso mais próximo é visualizado	92
6.20	Sistema tocando vídeos obtidos em dois pontos diferentes	92
6.21	Tela com vista de camadas diversas	93
6.22	Tela com vista de camadas sobrepostas	94
A.1	Aeromodelo JR GSR260 Voyager Gás	111
A.2	Aeromodelo JR GSR260 Voyager Gás - destaque na plataforma de acoplamento da câmera	111
A.3	Sony DCR-SR80	112
A.4	Sony DCR-SR80	112
A.5	Sony T-9	113
A.6	Caixa estanque	113
A.7	Garmin eTrex Vista Cx	115

Lista dos Trechos de Código

5.1	Parte do código do arquivo <code>natalgis_sist_biologo.map</code>	55
5.2	Parte do código que cria o arquivo <code>mapfile</code>	58
5.3	Parte do código para conversão de um <code>shapefile</code> para uma tabela do banco de dados	62
5.4	Consulta dos peixes na região filtrada	66
5.5	Valores da entidade grau-visibilidade	67
5.6	Valores da entidade disp-corais (concentração dos corais)	68
5.7	Valores da entidade disp-corais (nível do desgaste dos corais)	68
5.8	Valores da entidade qtd-peixes	68
5.9	Uso de Pitágoras para calcular a distância entre dois pontos	69
5.10	Método de ordenação <code>bubble sort</code>	69
5.11	Obtenção do grau de influência de cada ponto	70

Capítulo 1

Introdução

A *Internet* surgiu com diversas limitações em relação à computação gráfica. No início, ela possibilitava apenas a visualização de textos, sendo utilizada exclusivamente por instituições acadêmicas, científicas e militares. Com os avanços ocorridos nos últimos anos, foram desenvolvidas tecnologias que permitiram disponibilizar novas funcionalidades, tais como: transmissão de áudio, vídeo e imagem de alta resolução, como a de satélite. Com isso, a *Internet* se tornou um ambiente ideal para disseminação dos mais diversos tipos de informação, configurando-se, assim, um excelente veículo para a transferência de informação para, praticamente, todos os segmentos da sociedade que utilizam computadores com acesso a este meio.

O extraordinário desenvolvimento científico e tecnológico experimentado permitiu o surgimento de aplicações especializadas, principalmente no tocante à utilização de recursos para apresentação gráfica, tornando-se um meio atraente e eficiente para a disseminação de informações geográficas. Na atualidade, já é possível disponibilizar, em um ambiente *Web*, várias das funcionalidades que antes só eram disponíveis em Sistemas de Informações Geográficas (*SIG*) voltados à máquina local (*Desktop*). Isto permite, por exemplo, que os usuários executem consultas em uma base de dados geográfica localizada remotamente.

É certo que quanto maior o espaço territorial, mais eficientes devem ser as ferramentas que serão utilizadas para monitorá-lo. O Brasil é um país de dimensões continentais, com grande carência de informações gerenciais adequadas sobre seus problemas urbanos, rurais e ambientais. Para tanto, o uso da geoinformação torna-se essencial no sentido de proporcionar uma melhoria da capacidade de entender, gerenciar e ordenar este imenso território. Neste contexto, e visando atenuar tais problemas, propomos um Sistema de Informações Geográficas para ser executado em ambiente *Web* com funcionalidades diversas não presentes em outros sistemas, como nós verificamos no Capítulo 3.

Em nossa proposta, exploramos as potencialidades de novas tecnologias de código

aberto (*open-source*) para *Web*, como o modelo *AJAX* (acrônimo para *Asynchronous Javascript And XML*). Além disso, como um dos principais avanços, no sistema proposto, utilizamos conceitos que são aplicados, tradicionalmente, somente em *SIG* de execução local, como: envio/alteração/remoção de dados pelo próprio usuário e uso de técnicas de interpolação para estudos qualitativos e quantitativos de certas regiões, dentre outros.

Diante do exposto, exemplificamos, nas seções a seguir, como os conceitos teóricos foram colocados em prática; as motivações envolvidas e um resumo das nossas principais contribuições ao estado da arte.

1.1 Abordagem do problema em nível geral

Um dos principais desafios da sociedade atual e a principal aplicação desta pesquisa é o monitoramento ambiental de áreas protegidas. É sabido que o controle de dados ambientais é estritamente necessário para que o equilíbrio de todo o ecossistema não seja desregulado. Assim, diante das inúmeras possibilidades de estudo relacionadas ao meio-ambiente, optamos por focar nosso sistema em uma área de corais no Nordeste do Brasil, chamada de Parrachos de Maracajaú. Estes corais abrangem uma área de aproximadamente 20 quilômetros quadrados (cerca de 9km de extensão por 2,5km de largura), distante aproximadamente 6km da costa, que pode ser vista na Figura 1.1. A razão de sua escolha foi devido ao processo de expansão turística acelerado que se encontra na região, demandando, assim, um monitoramento e controle imediatos.

Como podemos verificar em alguns trabalhos anteriores realizados na área [Ferreira & Maida 2006, Gonçalves 2005], o crescimento turístico certamente afeta a região, causando uma certa degradação aos recifes de corais e o conseqüente desaparecimento dos peixes. Quanto ao fator social, a população de Maracajaú ainda é constituída, em sua maioria, de pescadores, e passa por um processo de transformação muito rápido. Os filhos já não querem mais pescar e optam por trabalhar nas empresas de turismo ou se obrigam por vezes a tentar sobreviver de outras maneiras, às vezes abandonando a comunidade em busca de melhoria de vida. Problemas sociais mais graves já são comuns na área. De acordo com *Amaral e Gonçalves* [Gonçalves 2005], alguns ex-moradores já não possuem mais suas terras, em função do crescimento rápido e da especulação imobiliária. Nesta área, a retomada do desenvolvimento sustentável poderá garantir que os recursos naturais e também os moradores nativos se mantenham.

Então, de início, nesta pesquisa, sentimos a necessidade de criar um *SIG* que pudesse auxiliar todos os envolvidos a contornar o problema apresentado acima, possibilitando uma centralização de dados da região em um banco de dados público, acessível pela

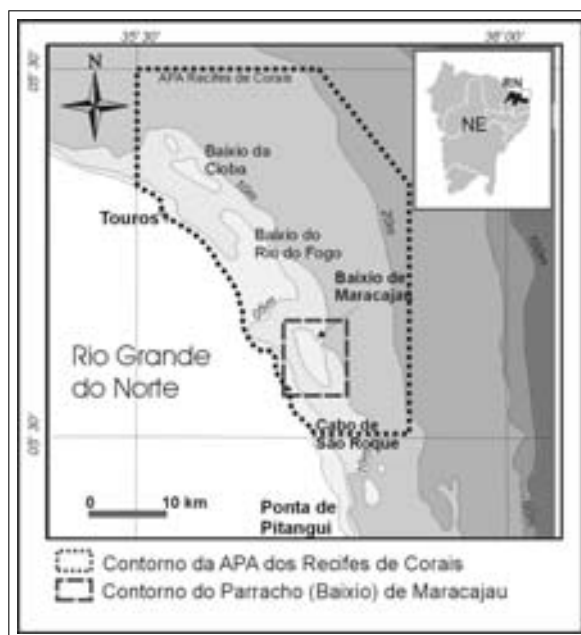


Figura 1.1: Localização dos Parrachos de Maracajá

Internet. Assim, a idéia é que, através das ferramentas implementadas, os gestores possam tratar e apresentar a problemática da região com muito mais precisão, dinamismo e oportunidade. Porém, a construção desse sistema envolve uma mudança de paradigma em relação ao que tem sido feito tradicionalmente. O problema é que vários tipos diferentes de usuários, como pesquisadores e gestores, além de turistas, pescadores, empresários e outros membros da comunidade, devem acessar o mesmo sistema, que deve ainda receber dados, podendo ser atualizado a qualquer momento, garantindo, assim, uma dinamicidade das informações a serem disponibilizadas. Com os atuais paradigmas de acesso e visualização de dados geográficos (uso de *mapfiles* e modelagem tradicional dos dados), este dinamismo não é possível. Assim, optamos por mudar esses modelos, produzindo um sistema que consegue atender à demanda da região em questão, permitindo que os vários usuários possam compartilhá-lo. Enfim, o sistema proposto e desenvolvido neste trabalho já pode auxiliar significativamente o controle ambiental da região, de forma a atender as crescentes demandas por diminuição de custos em ações de gestão ambiental.

Assim, como contribuições principais, nós desenvolvemos ferramentas (ou módulos) que possibilitam tratar os dados de uma forma única, e bastante completa, no quesito interatividade. Algumas dessas funcionalidades são enumeradas a seguir:

- *Desenvolvimento de uma ferramenta para controle ambiental*

Como será mostrado e comparado no Capítulo 3, o sistema abordado nesta Tese possui uma série de ferramentas que dão ao usuário um ambiente de controle para que seja realizado um melhor monitoramento dos acontecimentos relacionados ao ambiente em estudo;

- *Desenvolvimento do módulo up-load*

Permite ao usuário o envio de dados no formato *shapefile*, *geotiff* e arquivos de dados. Isto possibilita que o próprio usuário envie ao servidor os dados gerados por outros programas. Isto permite, por exemplo, que um pesquisador, ao coletar os dados *in-loco*, publique-os imediatamente, sem necessidade de envolver outra pessoa. É importante, desde já, destacar que o sistema executa *scripts* internos para realizar a conversão do arquivo *shapefile* ao formato de tabelas que são armazenadas no banco de dados;

- *Desenvolvimento de um módulo para inserção de pontos no mapa*

O sistema possibilita, também, que o usuário insira, visualmente, determinados pontos geográficos no mapa, com seus dados relacionados. A técnica envolve o uso de captura das coordenadas em tela e a criação dinâmica de uma tabela no banco de dados para armazenar valores;

- *Desenvolvimento do módulo de perfis de usuários*

O sistema permite, ainda, que algumas informações específicas sejam associadas a determinados perfis de acesso. Para isso, foi criado um mecanismo de associação de certos perfis (geólogo, turista, gestor etc) aos arquivos de configuração específicos (*mapfile*).

1.2 Motivação

Com os avanços da tecnologia nos últimos anos, a informática cada vez mais se integra às várias áreas do conhecimento, nas quais nunca se cogitou a importância, ou até dependência, de determinados aplicativos computacionais. Em função da necessidade de manipulação de uma variada e extensa gama de informações vinculadas aos lugares, territórios e aos espaços globalizados pela mídia e pelo capital financeiro, a comunidade científica tem adotado o auxílio de ferramentas computacionais para representação de dados geográficos [Cabral 2006].

A grande importância da *Internet* está relacionada à possibilidade de acesso às informações de maneira rápida e direta, com amplo acesso pelos usuários situados em diferentes espaços geográficos. Os avanços tecnológicos recentes permitem que as infor-

mações sejam passadas em tempo real, à medida que são colhidas. Porém, muitos dados essenciais a certos controles ainda não estão disponíveis à toda a comunidade, principalmente devido à falta de ferramentas ou sistemas que possam facilitar sua visualização na *Web*, como abordado acima. Em relação aos dados ambientais, por exemplo, o acesso de maneira eficaz e flexível a esse tipo de informação poderia auxiliar profissionais de várias áreas, tais como: pesquisadores, funcionários de órgãos de gestão ambiental, empresários de turismo e pescadores, entre outros. Essa foi uma das principais motivações e a justificativa principal para o desenvolvimento desta tese.

1.2.1 Nosso trabalho anterior

Outra motivação para este trabalho veio de nossa dissertação de mestrado [Cabral 2006]. Podemos dizer que o trabalho atual é uma evolução daquele trabalho, com modificações cruciais no modelo de desenvolvimento que propiciou a implementação de novas funcionalidades. O projeto apresentado na dissertação tinha como foco principal o estudo comparativo entre o *MapServer* e o padrão *SVG*. Fizemos uma implementação em ambas as plataformas, de modo que tanto os aspectos de usabilidade quanto os aspectos de *interface* foram comparados.

Como resultado do trabalho anterior, desenvolvemos também um sistema, mas muito mais limitado que o atual. Por ser uma linguagem de programação e não um sistema específico para servir mapas, como o caso do *MapServer*, o *SVG* precisa que tanto as *interfaces* do sistema quanto as especificações dos dados geográficos sejam passadas manualmente pelo usuário/programador. Isso exige que haja uma etapa anterior de programação e faz com que o sistema não seja tão facilmente colocado à disposição do usuário final. Tal desvantagem pode ser contornada com uma edição de parâmetros para a criação dinâmica de projetos e mapas, onde o usuário insere via formulários todos os parâmetros do sistema gerando assim automaticamente o produto final.

Como pôde ser observado no estudo anterior, o *SVG* possui algumas desvantagens que poderiam causar uma barreira na implementação de algumas funções descritas nesta Tese, como: necessidade de *plugin* para visualização do mapa; ser apenas uma linguagem de programação e não um servidor de mapas, o que geraria enormes barreiras na representação de dados por perfis e na associação de dados a determinados *logins*. Além do mais, o *SVG* foi praticamente descontinuado desde 2006, pois os *plugins* não foram evoluídos.

Diante do exposto, coube, então, realizar a substituição do *SVG* pelo conjunto: *MapServer* e *AJAX*, o que foi uma decisão acertada, como mostram os resultados alcançados nesta Tese.

1.3 Resumo das contribuições do trabalho

Como principal originalidade deste trabalho, antecipando ao que será visto no Capítulo 3, esta pesquisa envolveu a construção e aplicação de conceitos que não foram abordados por nenhum outro trabalho, como o desenvolvimento de uma plataforma dinâmica e flexível, de utilização via *Internet*, que pode ser utilizada por universidades, organizações, governo e comunidades interessadas no controle de dados ambientais. Analisando os diversos estudos que realizamos, relacionados ao tema desta pesquisa, podemos expor algumas contribuições nossas ao estado da arte, listadas a seguir:

- Desenvolvimento de novas ferramentas visando facilitar a visualização de imagens georreferenciadas na *Web*, usando o modelo *AJAX*;
- Desenvolvimento de mecanismos para permitir uma melhor interação cliente × servidor. Isso gerou o desenvolvimento de códigos que deram ao usuário meios para ele (de forma *on-line*) inserir, remover ou alterar dados geográficos em diversos formatos, inclusive *shapefile*;
- Desenvolvimento de um paradigma de armazenamento que possibilitou a implementação de ferramentas para modificar os dados de forma *on-line*;
- Uso prático de funções matemáticas para interpolar dados em tempo real, de modo a facilitar a leitura de dados quantitativos, e para estimar valores;
- Tratamento do *MapServer* de uma maneira diferente da usual, possibilitando que vários arquivos de configuração (*mapfiles*) possam ser gerados e associados, dinamicamente, a determinados *logins* e perfis de acesso;
- Implementação dos conceitos de acesso por perfis em um *SIG Web*;
- Criação de mecanismos para captura e representação de pontos a serem inseridos dinamicamente no mapa (seja apontando diretamente no mapa ou inserção através de arquivos);
- Implementação de ferramentas para análises quantitativas e qualitativas de pontos amostrais, através do uso de gráficos em barra;
- Ter possibilitado, através do sistema, um controle mais distribuído dos dados da região dos corais; notamos que o sistema pode ser aplicado a qualquer outro tipo de aplicação que exija um controle (inserção e edição) compartilhado dos dados;
- Criação de um sistema com plenas possibilidades de ser um repositório de dados das mais diversas áreas de estudo, como: biologia, geologia, oceanografia, entre outras. Isso envolveu a modelagem conceitual e desenvolvimento de um banco de dados geográfico que serviu como um repositório central dos dados da região em estudo. Isso envolveu, ainda, o desenvolvimento de formas de organização e armazena-

mento de dados geográficos no banco de dados, permitindo que o usuário, através do Sistema de Informações Geográficas, possa realizar a recuperação, manipulação, correlação e análise espacial dos dados, possibilitando aos diversos segmentos envolvidos no projeto o acesso às informações detalhadas da área de trabalho.

1.4 Estrutura da Tese

Esta Tese está organizada na seguinte maneira: O Capítulo 2 discute aspectos conceituais relevantes ao tema de pesquisa envolvido, procurando elucidar definições e conceitos necessários ao entendimento do restante do trabalho. O Capítulo 3 apresenta um estudo sobre os trabalhos relacionados. O Capítulo 4 apresenta informações que auxiliarão a correta compreensão dos capítulos seguintes. O Capítulo 5 expõe as implementações que foram feitas para que o sistema funcionasse corretamente. No Capítulo 6 são mostrados os experimentos e resultados envolvidos nesta Tese. Por fim, o Capítulo 7 apresenta as contribuições, conclusões e os trabalhos que serão desenvolvidos no futuro. O Apêndice A contém as informações técnicas dos equipamentos que foram utilizados no decorrer da Tese.

Capítulo 2

Embasamento Teórico

Para um melhor entendimento das ferramentas e conceitos tratados no decorrer desta tese, é necessário que haja uma breve abordagem conceitual sobre sistemas de informação, sistemas cliente-servidor, informação geográfica, *SIG*, *SIG Web*, *MapServer* e, por fim, *AJAX*. Todos estes conceitos serão abordados neste Capítulo.

2.1 Sistema de informação

De acordo com *Gorni et al.* [Gorni et al. 2007], um Sistema de Informação (*SI*) é um programa de computador onde existem dados de entrada, processamento e dados de saída. É comum que um *SI* armazene dados. Um *SI* pode ser composto por um único computador ou por vários.

2.2 Sistema de informação cliente-servidor

Segundo *Gorni et al.* [Gorni et al. 2007], um sistema de informação cliente-servidor é um modelo computacional em que há duas (ou mais) entidades trocando informações. O servidor tem a responsabilidade de “servir” o cliente com informações. A seqüência básica de ações pode ser: o cliente envia uma requisição de serviço ao servidor, que por sua vez realiza um processamento prévio (se necessário) das informações e as envia ao cliente. Portanto, o servidor normalmente realiza três tarefas básicas: armazenar, processar e enviar informações ao requisitante. O servidor pode se comunicar com outros computadores para obter outras informações ou mesmo para solicitar algum tipo de processamento. O cliente geralmente não realiza processamento, ele apenas envia pedidos ao servidor e interpreta as informações recebidas do mesmo.

2.3 Informação geográfica

As Ciências da Terra (geologia, geografia, geodésia, oceanografia etc.) geralmente manipulam um grande volume de dados, de origem e natureza diversas. Em sua maioria, esses dados resultam no que denominamos de informação geográfica (ou espacial). Quando esses dados estão espacialmente localizados, pode-se dizer que eles estão georreferenciados [Gorni et al. 2007]. Dados georreferenciados são a base de qualquer *SIG*.

2.4 *SIG*

Um Sistema de Informação Geográfica (*SIG*) é, resumidamente, um conjunto de instrumentos ou ferramentas usadas para manipular informações espaciais, geralmente na forma de mapas. Os *SIGs* foram criados há pelo menos quarenta anos, através da inserção de técnicas computacionais aos conhecidos processos cartográficos tradicionais. O computador foi o responsável para que as técnicas manuais antigas e morosas de cartografia fossem agilizadas, além de permitir o armazenamento de mapas no formato digital, dispensando, assim, ambientes climatizados, caros e complexos, para sua manutenção [Miranda 2003].

Raia Júnior [Júnior 2000] cita um *SIG* como sendo a terminologia freqüentemente aplicada à tecnologia computacional orientada geograficamente. Outras definições encontradas na literatura são citadas a seguir:

- Um sistema de apoio à decisão que envolve a integração de dados espacialmente referenciados em um ambiente para resolução de problemas [Cowen 1995];
- Um sistema de informações baseado em computador que permite a captura, modelagem, manipulação, recuperação, análise e apresentação de dados georreferenciados [Worboys 1995];
- Sistemas automatizados usados para armazenar, analisar e manipular dados geográficos [Câmara et al. 1996];
- Conjunto de ferramentas de informática desenhadas para a aquisição, armazenamento, análise e representação de dados espaciais [Galán 2003].

Clark [Clarke 1986] define uma série de características comuns e componentes que podem ser usados para dar aos *SIGs* uma definição mais funcional, a saber:

- Um grupo de dados que são associados a propriedades espaciais;

- Uma topologia, ou seja, uma expressão numérica ou lógica das relações entre esses dados;
- Arquivos ou estruturas de dados comuns;
- A habilidade do sistema para executar as funções de coleta, armazenamento, recuperação, análise (manipulação) e geração automática de mapas.

Adicionalmente, segundo *Breternitz* [Breternitz 2001], é importante considerar o uso de um *SIG* segundo vários contextos, podendo ser entendido como:

- um jogo poderoso de ferramentas;
- um sistema apoiado por computador;
- um sistema de apoio à decisão;
- uma tecnologia de informação.

2.4.1 Classificação dos *SIGs*

Romero [Romero 2006] classifica os *SIGs* segundo dois critérios principais.

1. Complexidade e aplicação do *SIG*

- **Visualizadores de dados:** realizam análises básicas dos dados. Exemplo: *ArcExplorer (ESRI)* e *GeoMedia Viewer (Intergraph)*;
- **Manipuladores de dados (*SIGs* de *desktop*):** realizam análises avançadas dos dados. Exemplo: *ArcMap (ESRI)*, *Idrisi (Clark Labs)* e *GeoMedia Professional (Intergraph)*;
- ***SIGs* profissionais:** alta capacidade de armazenamento, manipulação e disponibilização dos dados. Exemplo: serviços *SIG* na *Web*.

2. Modelo dos dados geográficos

- ***SIG* raster:** *SIG* com informações espaciais contínuas, como: imagens de satélite ou obtidas por aerofotogrametria;
- **Vetorial:** *SIG* com informações espaciais, como: pontos, retas e polígonos.

É possível que um mesmo *SIG* tenha dados tanto em formato *raster* (varredura) quanto em formato vetorial.

2.4.2 Estrutura de um SIG

Por ser um *SI*, um *SIG* é composto pelos mesmos componentes básicos de um *SI* convencional: dados de entrada e saída, banco de dados e uma linguagem de programação. Segundo *Gorni et al.* [Gorni et al. 2007], a grande diferença de um *SIG* em relação a um *SI* convencional é o Banco de Dados (*BD*), pois este também deve ser capaz de armazenar informações espaciais e realizar operações espaciais sobre as informações, tais como: calcular a proximidade, distância, área etc. Destarte, um *BD* de um *SIG* é composto basicamente por dois componentes. O **Componente espacial** inclui a localização geográfica (referida a um sistema de coordenadas), as propriedades espaciais (próprias da entidade geográfica) e as relações espaciais entre as distintas entidades. No **Componente temático**, estão as informações das propriedades dos objetos representados.

2.5 SIG Web

A manipulação de mapas em um *SIG* voltado para a *Web* é mais complexa que em um *SIG* convencional (instalado em máquinas com manipulação local) devido a vários fatores. As soluções de mapas para a *Web* são direcionadas para um público diferente, de diversas áreas e com diversos requisitos. A forma de desenvolvimento e a arquitetura de execução do sistema é distinta, uma vez que a *Web* envolve geralmente uma arquitetura do tipo cliente-servidor. Ainda, a segurança dos dados, a interação usuário-aplicação, a gerência dos dados, a base de suporte para o sistema funcionar, os equipamentos e outros fatores são abordados de maneira diferente, entre os dois modelos [Medeiros et al. 2005].

Para servir mapas na *Web* deve-se levar em consideração os diferentes computadores, navegadores *Web*, resolução dos monitores etc. Não se pode pensar em desenvolver um sistema para *Web* delimitando o usuário a um conjunto fechado de sistema operacional, capacidade de processamento da máquina, resolução do monitor, navegador, quantidade de cores etc. A velocidade de conexão da *Internet* afeta diretamente o fluxo de dados. O tipo de dado trabalhado, por sua vez, afeta o volume de transferência e, conseqüentemente, a velocidade, fechando o ciclo. A capacidade de processamento do computador que hospeda o servidor deve ser considerada. A quantidade de acessos que se espera deve fazer parte do planejamento. Se o sistema for operar em *Intranet*, talvez esta questão não seja tão relevante, mas se for para *Internet*, pode-se esperar dezenas de milhares de acessos. Esta informação orienta na definição das características do servidor.

Os benefícios de negócio que decorrem da distribuição e utilização inteligente de geodados centram-se na redução de custos, em um aumento da produtividade, em uma uti-

lização mais racional dos ativos, na criação de novas oportunidades para gerar negócio e na melhoria dos níveis de serviço e de satisfação de usuários [Micrograf 2006].

O paradigma de *Web Service*, desenvolvido nos últimos anos, propiciou o surgimento de uma nova maneira de interação de *software*, permitindo que os sistemas se comuniquem sobre a *Internet*. Um *Web Service* é uma aplicação que expõe suas funções via uma *interface* bem definida de publicação que pode ser acessada sobre a *Web* por um navegador [Longley et al. 2005]. Sendo assim, as potencialidades dos *SIGs Web* só agora começam a serem profundamente exploradas, pois, nos últimos anos, o seu sucesso esteve sempre comprometido por fatores ligados à própria tecnologia e às estratégias dos próprios desenvolvedores. Um *SIG Web* era sinônimo de um sistema super-complexo, fechado e proprietário, com níveis de desempenho insuficientes e de elevados investimentos [Cabral et al. 2007].

A evolução da *Internet* revolucionou a maneira de disponibilização e acesso aos dados. Ela encurtou distâncias e abriu o acesso instantâneo a milhões de fontes de conhecimento. Como conseqüência disto, pode-se notar uma corrente migratória dos sistemas de informação para a *Internet*. O sucesso desta plataforma está na simplicidade dos seus protocolos e na capacidade de distribuição da informação através de redes heterogêneas. Entretanto, a interatividade, que é um requisito básico para quem usa um *SIG*, não é tão bem aplicada em *SIGs Web*, pois, enquanto no sistema tradicional (de *desktop*) a interatividade usuário-máquina é “instantânea”, tal não acontece nas aplicações na *Web*, onde se trabalha com o conceito cliente-servidor.

Além do que foi exposto acima, a integração de dados espaciais constitui-se em um dos principais fatores críticos para a implementação de um *SIG*. Obter e manter atualizados os dados relevantes para a sua exploração é claramente um dos maiores desafios que qualquer gestor poderá enfrentar. Com base em uma arquitetura em ambiente *Web*, todo o processo de manutenção e atualização de informação é efetuado centralmente, reduzindo os custos associados às fases de operação do sistema [Cabral et al. 2007].

Ressalta-se, também, que a *Internet* possibilita a disseminação de resultados de análise geográfica e informações espaciais para um número bem maior de usuários. O público geral pode agora acessar diretamente as informações espaciais e explorar os padrões espaciais e relações através de um navegador, em casa ou em uma área pública. Em decorrência disto, os usuários podem conduzir pesquisas e análises de objetos espaciais de forma *on-line*, sem a necessidade de comprar um *SIG* de preço elevado.

Sendo assim, devido à popularidade da *Internet* e aos tópicos abordados nesta seção, o paradigma dos Sistemas de Informações Geográficas está se deslocando para uma nova direção que é a de Serviços de Informações Geográficas. A idéia é que a computação

passa a ser distribuída. Cada nó da rede tanto pode consumir quanto prover serviços aos outros nós [Tsou 2001].

2.5.1 Composição dos SIGs Web

Um *SIG Web* é composto basicamente pelos 5 elementos mostrados na Figura 2.1 [Gorni et al. 2007]:

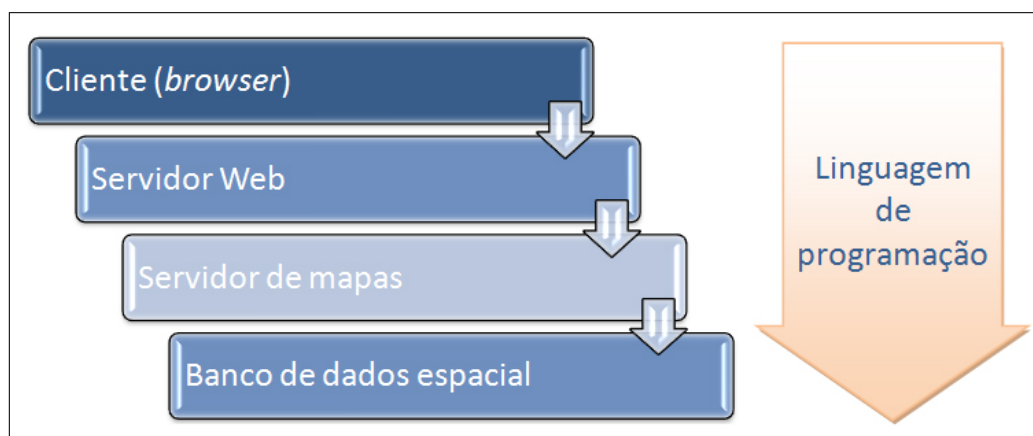


Figura 2.1: Elementos de um *SIG Web*

- Linguagem de programação compatível com sistemas de informação na *Web*;
- Cliente (*browser*, como: *Google Chrome*, *Internet Explorer*, *FireFox* e outros);
- Servidor *Web* (*IIS*, *Apache* e outros);
- Servidor de mapas: elemento do *SIG Web* que gera mapas a partir de uma requisição do servidor, que, por sua vez, recebeu uma requisição do cliente. Os servidores de mapas mais conhecidos são: *ArcIMS* (*ESRI*), *GeoMediaWebMap* (*InterGraph*), *MapExtreme* (*MapInfo*) e *MapServer* (*UMN*). Este último será mais profundamente abordado na seção a seguir;
- Banco de dados espacial: para armazenar as informações espaciais.

2.6 O ambiente *MapServer*

O *MapServer* (<http://mapserver.gis.umn.edu/>) é um ambiente de desenvolvimento de software de código-aberto, voltado para construção de aplicações de análise espacial na *Internet* [Kropla 2005]. Ele é uma *CGI* (do inglês *Computer Graphics Interface*) desenvolvida em *C++* através de uma cooperação entre a *NASA* e o Departamento de

Recursos Naturais da Universidade de Minnesota (*MNDNR*). Ele segue as especificações do padrão *WMS* (Serviço de Mapas na *Web*) [Miranda 2003]. Na literatura encontramos algumas outras definições para o *MapServer*, dentre elas:

- O *MapServer* é uma aplicação do tipo servidor de mapas para disponibilizar mapas e imagens de satélite na *Web*, executada a partir de um servidor *HTTP* [Dantas 2005];
- É um conjunto de recursos e ferramentas *open-source* para a criação de aplicações espaciais (geográficas) em ambiente *Internet/Intranet* [Kanegae 2007];
- O *MapServer* é uma tecnologia que implementa o conceito de *Webmapping* [Cabral & Alves 2004].

O *Webmapping* (mapeamento na *Web*), de acordo com *Cabral e Alves* [Cabral & Alves 2004], é simplesmente uma maneira de disponibilizar um mapa na *Internet* a partir de uma requisição feita pelo usuário através de um navegador *Web*. O *MapServer*, por ser uma *CGI*, pode ser configurado com linguagens de programação compiladas, como *C* ou *C++*, ou interpretadas, como *PERL* ou *PHP*. Estas podem ser utilizadas para gerar páginas dinâmicas, pois o uso da *CGI* possibilita a comunicação destes programas externos com o servidor *HTTP* [Arroyo & Santos 2005].

Cabe aqui ressaltar que o *MapServer* não interpreta diretamente dados geográficos em um arquivo de formatação (*shapefile*). Isto só é possível através da configuração do *mapfile*. O *mapfile* é um arquivo com extensão *.map* que pode ser criado utilizando um editor de textos. É neste arquivo que são definidas as características contidas num *shapefile* para que o *MapServer* possa interpretar o conteúdo do arquivo [Cabral et al. 2007]. Mais informações sobre o *mapfile* podem ser vistos na Seção 4.1.2 desta Tese.

O *MapServer* pode ser executado nos sistemas operacionais *Linux*, *Windows* e *Mac OS*, sobre um servidor *HTTP*, como o *Apache*. Uma vantagem do *MapServer*, segundo seus idealizadores, é que ele suporta *Mapscript*, uma ferramenta que permite que linguagens *scripts*, como *Perl*, *PHP*, *Phyton* acessem a *API* (do inglês *Application Program Interface*) do *MapServer* [Miranda 2003].

O *MapServer* utiliza um módulo chamado *Proj4* (também de código-aberto) para que possa realizar as transformações de dados em diferentes projeções *on-the-fly* (em tempo de execução), ou seja, diferentes dados podem estar em distintas projeções que, mesmo assim, não se faz necessário um processamento prévio para “desenhar” em um mesmo mapa essas informações. Alguns tipos de imagens de saída que o *MapServer* pode gerar são: *GIF*, *PNG*, *JPEG*, *TIFF*, *BMP* e *SVG*.

2.7 Desenvolvimento Baseado em AJAX

De acordo com *Reis* [Reis 2005], comparando as aplicações *SIGs* em *desktop* com as aplicações *Web*, constata-se que as de *desktop* dão ao utilizador uma maior poder de manipulação e uma melhoria no tempo de resposta. Segundo ele, a mesma simplicidade que fez proliferar as páginas *Web* criou um abismo entre a experiência de utilização que se consegue oferecer em uma aplicação *desktop* e em uma página *Web* padrão. No entanto, devido ao surgimento de novas tecnologias (entre elas o *AJAX*), essa distância está cada vez mais curta.

O modelo *AJAX* baseia-se no uso sistemático de *Javascript* e *XML* para tornar o navegador mais interativo com o usuário, utilizando-se de solicitações assíncronas de informações. Assim, o *AJAX* não é uma única tecnologia, mas sim, a união de diversas tecnologias que juntas mudaram, de certa forma, a maneira de comunicação entre o cliente e o servidor, quebrando o conceito tradicional de comunicação síncrona [Garrett 2006].

O *AJAX* incorpora em seu modelo:

- Apresentação baseada em padrões usando *XHTML* e *CSS*;
- Exposição e interação dinâmica usando o *DOM* (*Documento Object Model*);
- Intercâmbio e manipulação de dados usando *XML* e *XSLT*;
- Recuperação assíncrona de dados usando o objeto *XMLHttpRequest*;
- Utilização de *Javascript* unindo todas elas em conjunto.

2.7.1 Modelo síncrono × Modelo AJAX

Quanto à forma de comunicação entre o cliente e o servidor, basicamente, encontramos na literatura dois modelos, quais sejam: o síncrono e o proposto pelo *AJAX*.

Modelo síncrono

Segundo *Borges e Souza* [Borges & Souza 2005], o modelo de comunicação adotado atualmente pela *Internet* é o modelo sincronizado em que a comunicação com o servidor é realizada a partir de uma ação do cliente. Após a requisição do cliente, o servidor faz o processamento e retorna a resposta, geralmente no formato de uma página *HTML*. Essa ação do cliente tem como efeito primário a atualização da página *Web*, mais conhecido como *refresh*, a qual ocasiona um incessante *download*, ou reenvio das informações da página do servidor para o cliente a cada requisição (ver Figura 2.2).

Tecnicamente, pode-se afirmar que este modelo é coerente para um conjunto limitado de aplicações. Porém, em aplicações geográficas, ele não apresenta boas funcionalidades

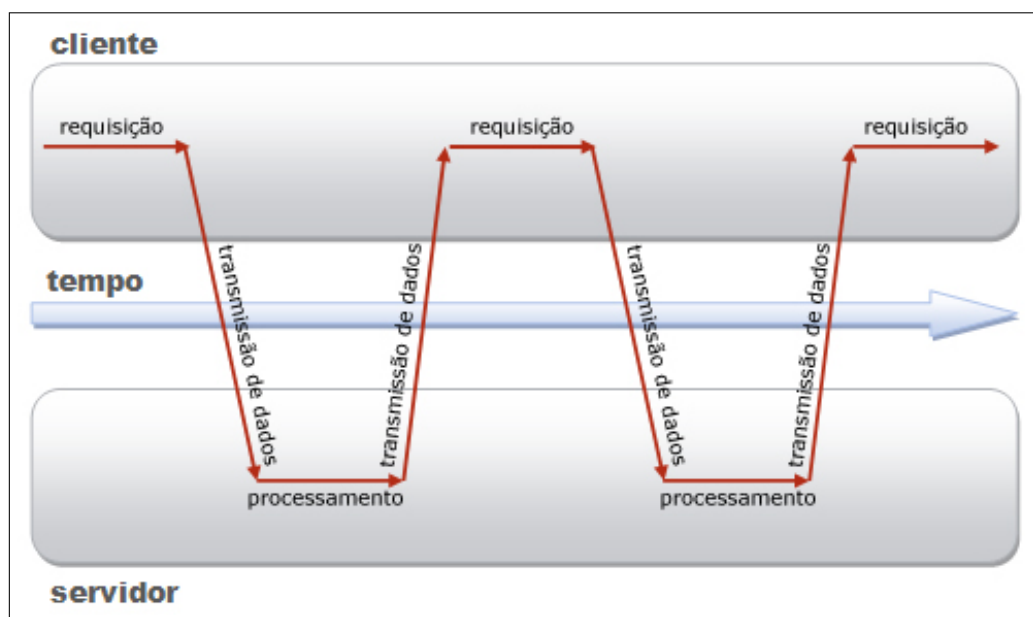


Figura 2.2: Transmissão de informações: Modelo síncrono

ao usuário, pois nessas aplicações há uma enorme quantidade de execuções (interações) do usuário, além de trabalhar com imagens de alta resolução que demandam um maior tempo de transmissão. É óbvio que, para se trabalhar com um grande volume de dados na *Web*, deve-se ter como prioridade a redução do tempo transacional e o modelo síncrono não é suficiente para prover e incrementar este ganho de velocidade. Sendo assim, em aplicações geográficas, é importante priorizar tecnologias que sejam implementadas não mais no modelo síncrono e, sim, no modelo assíncrono.

O Modelo AJAX

Sendo a espera na transação dos dados entre cliente e servidor um dos principais problemas encontrados no modelo síncrono de comunicação, foi agrupado um conjunto de tecnologias que provesse, então, uma solução. Com efeito, surgiu o *AJAX*, que representa um grupo de tecnologias que deu origem ao modelo assíncrono de comunicação entre cliente e servidor, no qual a requisição do cliente é realizada internamente. O *AJAX* adiciona uma camada intermediária entre o cliente e o servidor (motor *AJAX*). Esta camada permite eliminar a natureza (*start-stop*) das interações *Web* [Reis 2005]. Ao invés do habitual carregamento de uma página no início da sessão, o *browser* carrega o motor *AJAX*. Este fica com a responsabilidade de desenhar a *interface* do usuário e comunicar com o servidor. As interações do usuário com a aplicação começam a ser assíncronas,

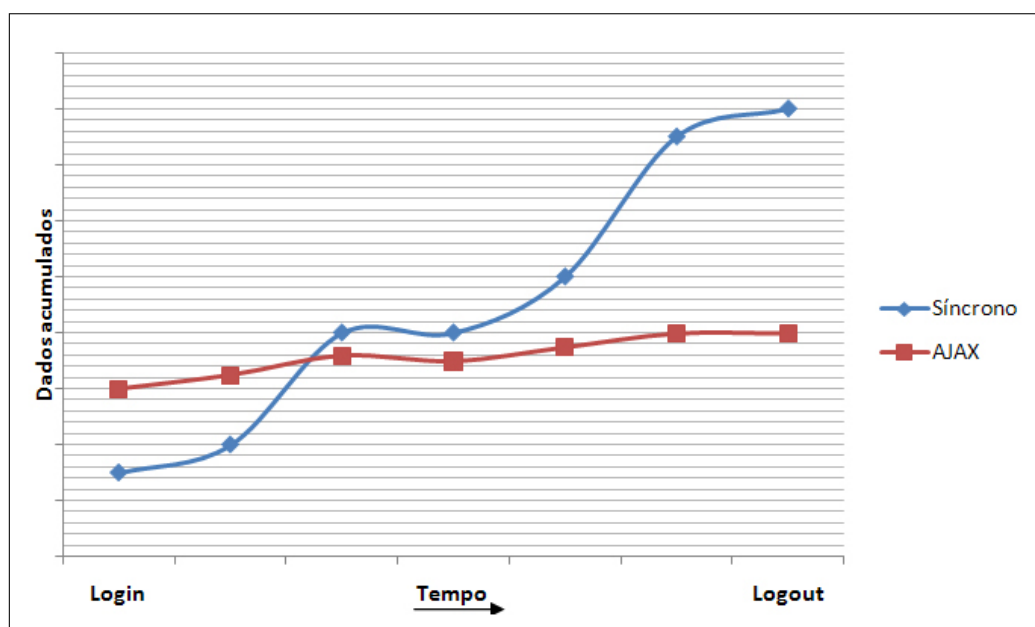


Figura 2.4: Volume de transações: Modelo síncrono × Modelo AJAX [Crane 2006]

Características e Vantagens do AJAX

Podemos encontrar na literatura trabalhos versando sobre análise do modelo *AJAX*. Segundo *Reis* [Reis 2005], a utilização do modelo *AJAX* traz uma série de benefícios, listados a seguir.

1. Interatividade nas aplicações

Esta é uma das principais vantagens e uma das principais razões para se utilizar o *AJAX* em aplicações *Web*. Como a maior parte da aplicação é executada no lado do cliente, isto permite que uma aplicação *AJAX* se comporte como uma aplicação *desktop* e não seja tão limitada pela rede em termos de comunicação com servidor, possibilitando uma interação de ações do usuário de modo contínuo. As aplicações *AJAX* são mais reativas e permitem uma maior riqueza em termos gráficos (efeitos visuais que indicam mudanças de estado, um envio de dados, ou poder arrastar e colar elementos, tal como possível em uma aplicação *desktop*).

2. Redução do consumo de banda

Na maioria das aplicações *Web* que utilizam o modelo *AJAX*, devido a sua característica de atualizações granulares, consegue-se reduzir a quantidade de informação trocada com o servidor (não é necessário reenviar totalmente a página da *interface*, já que são enviados para o navegador do cliente apenas os dados referentes à execução de uma parte da aplicação).

3. Redução de processamento no servidor

Em casos de aplicações que envolvam a realização de muitos cálculos no lado do servidor; através de aplicações *AJAX* é possível, em alguns casos, trazer parte desses processamentos para o cliente, permitindo reduzir o processamento necessário por parte do servidor. Assim, o que é da *interface* se processa na *interface*, o que são dados de negócio se processa no servidor.

4. Não é proprietário

AJAX não é um nome de nenhuma marca ou produto, apenas uma designação de um método de como projetar aplicações na *Web*, utilizando um conjunto de tecnologias já existentes.

5. Portabilidade

Como o *AJAX* é constituído por tecnologias que são utilizadas pela maioria dos navegadores existentes no mercado, torna-se uma técnica que não se restringe a um navegador específico, nem a uma plataforma. Além disso, não requer a instalação de qualquer *plugin* no navegador ou *software* no cliente.

Desvantagens

Claro, também há algumas restrições principalmente no tocante a heranças e alguns problemas menores de interface. Assim, alguns pontos negativos do *AJAX* podem ser citados.

1. Limite de capacidade

Atualmente, algumas aplicações *AJAX* conseguem ser complexas, mas existem algumas restrições devido ao fato de o *AJAX* utilizar tecnologias já existentes, herdando, assim, algumas limitações. Em algumas situações pode-se apontar exemplos de deficiências, como: baixa capacidade multimídia (*streaming* de vídeo) e baixa interação com *hardware* (impressoras, câmeras *Web*). Algumas destas limitações têm sido solucionadas nos navegadores mais recentes ou através de *plugins* específicos (como por exemplo, o *flash*).

2. Desempenho (performance) do cliente

Em uma aplicação *AJAX* transfere-se muito do processamento do servidor para o cliente. Essa mudança tem custos embutidos porque se delega ao cliente a responsabilidade para realizar determinadas operações para as quais ele não foi inicialmente desenvolvido. Com isso pode-se sobrecarregar o cliente, caso não se tome as devidas precauções durante a fase de desenvolvimento desse tipo de aplicação (*Web*).

3. Comportamento dos botões *back* e *forward*

Como as atualizações das páginas passam a ser dinâmicas, os botões *back* e *forward* dos navegadores, por exemplo, podem ter comportamentos que não são os pretendidos. Para resolver este problema, começam a aparecer algumas soluções, onde a maioria passa pela criação ou utilização de quadros (*frames* invisíveis que guardam os diversos estados da aplicações e preenchem o histórico utilizado pelos botões *back* e *forward*).

4. *Bookmarking* (*URL* única)

Outro problema associado ao ponto anterior é o fato de a tarefa do usuário guardar um *link* para um determinado estado da aplicação se tornar difícil. Para este problema, também existem algumas soluções. Entre elas está a utilização do identificador de fragmento da *URL* (*anchor*), que permite aos usuários voltarem a um determinado estado da aplicação.

5. Conectividade permanente

Essas aplicações operam apenas baseadas na *Web*. Como a parte da aplicação que processa dados de negócio fica em um servidor, torna-se necessário que a aplicação

esteja sempre conectada.

Convém lembrar que alguns dos fatores negativos citados também ocorrem no modelo síncrono. No geral, as vantagens citadas anteriormente, sobre o modelo síncrono, fazem do *AJAX* um modelo muito bom para aplicações *Web*.

Capítulo 3

Trabalhos Relacionados

O desenvolvimento de mapas digitais foi iniciado pela necessidade das indústrias, administradores de recursos ambientais e pesquisadores. Atualmente, com o crescimento da quantidade de usuários na *Internet* e com o avanço das tecnologias, os mapas digitais se tornaram onipresente: mapas com informações climáticas são mostrados em noticiários, instruções obtidas por *GPS* (Sistema de Posicionamento Global) orientam os sistemas de navegação automotivos e o controle ambiental tem se mostrado mais eficiente.

A publicação de mapas na *Internet* foi iniciada através de páginas estáticas desenvolvidas em *HTML* (*HyperText Markup Language*) puro e apresentavam mapas no formato de imagem como *GIF* (*Graphics Interchange Format*) ou *JPEG* (*Joint Photographic Experts Group*). Vale ressaltar que a linguagem *HTML* apresentava e ainda apresenta recursos limitados que permitem apenas representar mapa no formato matricial, selecionar áreas do mapa e anexar informações a essas áreas através de *hyperlinks* [Miranda 2003]. Ao passar do tempo surgiram novas tecnologias intencionalmente projetadas para superar as barreiras existentes, como o *SVG* (*Scalable Vector Graphics*) e o *AJAX*. Aquela utiliza dados vetoriais para a representação gráfica, ao passo que esta, mesmo usando dados matriciais, possibilita uma melhor interatividade com o usuário se comparado à *HTML*.

Com efeito, os *SIGs* deixaram definitivamente a fase experimental e entraram em um estágio de maior amadurecimento. Segundo *Colaço* [Cabral et al. 2007], administrador de estratégia e desenvolvimento de negócios da *ESRI* (Portugal), na fase atual as pessoas começam a compreender as verdadeiras capacidades de um *SIG* como uma das mais poderosas e efetivas ferramentas da atualidade no apoio à decisão. O recente marco da evolução dos *SIGs*, em Portugal, surge associado às inovações deles em ambientes *Web*, possibilitando a criação de aplicações sofisticadas em ambientes compartilhados com os próprios clientes.

Com o objetivo de entender e comparar as diversas tecnologias relacionadas ao *SIG Web*, procurou-se nesta Tese levantar o estado da arte em se tratando, principalmente,

de aplicações voltadas aos corais, já que este é o escopo do estudo de caso desta Tese. Destarte, neste capítulo serão apresentados alguns trabalhos que foram base para o sistema desta Tese.

Para uma melhor compreensão houve a necessidade de estruturar o capítulo da seguinte forma: a Seção 3.1 aborda os principais trabalhos publicados na *Internet* e que se relacionam com recifes de corais. Esta seção está dividida nas Subseções 3.1.1, 3.1.2 e 3.1.3 que são relacionadas aos trabalhos sem publicação em mapas, com publicações em mapas estáticos e dinâmicos, respectivamente. Já na Seção 3.2 são mostrados exemplos de *SIG Web* comerciais que não envolvem corais. A Seção 3.3 apresenta o estado da arte relacionado ao uso de interpoladores em *SIG Web*. Já a Seção 3.4 relaciona outros trabalhos que contribuíram para esta Tese. Finalmente, na Seção 3.5, algumas comparações são postas em discussão.

3.1 Trabalhos sobre corais

3.1.1 Trabalhos sobre corais sem publicação em mapas

Pode-se visualizar na *Internet* uma série de trabalhos com foco principal na preservação dos recifes de corais, como:

- *Reef Relief - Project Living Coral* [ReefRelief 2008];
- *Florida's Coral Reef* [FCR 2008];
- *National Marine Sanctuaries* [NMS 2008b];
- *Global Coral Reef Monitoring Network* [GCRMN 2008];
- *Reef World* [RW 2008];
- *Coral Reef Conservation Program - NOAA* [NOAA 2008];
- *International Coral Reef Action Network - ICRAN* [RWN 2008];
- *Coral Reef Alliance* [CRA 2008].

Embora as entidades de pesquisa desses projetos sejam de grande prestígio mundial e as áreas onde são realizadas as pesquisas sejam os chamados Santuários Ecológicos, como por exemplo: Havaí e Flórida [NMS 2008b, FCR 2008], nenhum dos trabalhos procurou apresentar em mapas os dados obtidos nas pesquisas realizadas. Sendo assim, as informações apresentadas dizem respeito, de maneira geral, à importância dos recifes de corais para o meio-ambiente e as medidas que devem ser adotadas para uma melhor preservação deste ecossistema.

3.1.2 Trabalhos sobre corais com publicação em mapas estáticos

Por outro lado, também há pesquisas com visualização dos resultados em mapas. Tais representações são estruturadas estaticamente, ou seja, são publicações, na sua maioria, de mapas em formatos *JPEG* ou *GIF* que mostram as áreas cobertas por corais, como se observa nos seguintes estudos:

- *Laysan Island* [NMS 2008a];
- *International Coral Reef Action Network - INCRAN* [ICRAN 2008];
- *World distribution of coral reefs and mangroves* [BHP 2008];
- *Millenium Global Coral Reef Mapping Project Eastern Caribbean and Atlantic* [Seagethy 2008];
- *Virgin Island National Park* [NPS 2008];
- *Coral Reefs of Hawai* [HCRN 2008];
- *Great Barrier Reef Marine Park* [GBRMP 2008];
- *Benthic Habitat Atlas of Puerto Rico and the U.S. Virgin Islands* [CCMA 2008];
- *Planetary Coral Reef Foundation* [PCRF 2008];
- *Remote Sensing Applications to Coral Reefs, Hawai* [RSACR 2008];
- *NOAA'S - Global Health and Monitoring Program* [MCRLA 2008].

Ao analisar estes trabalhos constata-se que a ausência de um *SIG* para representar os dados faz com que a leitura das imagens se torne algo difícil e com poucas informações, pois em imagens estáticas não se pode trabalhar com múltiplas camadas. Constata-se, também, após uma análise histórica, que estes sítios de pesquisa estão, no mínimo, há 2 anos sem evoluir, ou seja, continuando a representar os dados estaticamente. Isso faz com que haja um pequeno índice de interatividade e, conseqüentemente, poucas transações. Efeito pior (em se tratando de transação) encontra-se nos trabalhos [Seagethy 2008, CCMA 2008], pois eles representam o mapa em formato *.pdf*, sendo necessário que haja a transferência do documento para o computador do usuário.

Destaca-se aqui, também, a importância destes corais ao meio-ambiente, uma vez que os trabalhos citados tratam de corais do Havaí [NMS 2008a, HCRN 2008, RSACR 2008], Austrália [GBRMP 2008, PCRF 2008], Polinésia Francesa [PCRF 2008], Ilhas Virgens [NPS 2008, CCMA 2008] e de outros lugares no mundo [BHP 2008, MCRLA 2008]. Assim, é essencial que estes trabalhos utilizem um *SIG* para levar às comunidades uma maior quantidade de informações sobre os acontecimentos degradantes que ocorrem nestes ambientes e que influenciam todo o ecossistema planetário.

3.1.3 Trabalhos sobre corais com publicação em mapas dinâmicos

Em outros trabalhos pode-se observar que já existe o uso de *SIG Web* para a representação dos mapas de algumas regiões. O número limitado de trabalhos com essa ferramenta deixa claro que o campo da geoinformação aplicada aos corais é, ainda, bem pequeno e que esta carência é atribuída, de uma maneira geral, à falta de um sistema que possua ferramentas de manipulação de fácil uso pelos usuários que não sejam da área de informática, como: geógrafos, geólogos e biólogos. Com efeito, pode-se observar os seguintes trabalhos com publicação em mapas dinâmicos:

- *Millenium Coral Reef Landsat Archive* [USF 2008];
- *ReefBase* [ReefBase 2008];
- *Web Mapping Portal to Real-time Coastal Observations and NOAA Forecast - Nowcast* [NowCast 2008];
- *Discover NOAA's Data* [Coris 2008];
- *Australian Institute of Marine Science* [AIMS 2008].

Os trabalhos da NASA em cooperação com o instituto NOAA (*National Oceanic and Atmospheric Administration*) [USF 2008], apesar de apresentarem poucas ferramentas de interatividade, representam um conjunto enorme de informações dos corais em todo o mundo. O ponto forte é a possibilidade de visualização das regiões de corais em imagens de satélite e os principais pontos fracos são: não ser propriamente um *SIG*, não trabalhar com camadas e ter um *layout* não tão adequado.

Por outro lado, outros trabalhos apresentam melhor interatividade [ReefBase 2008, NowCast 2008, Coris 2008]. Exceto o primeiro [ReefBase 2008], que foi desenvolvido utilizando a tecnologia *OpenGIS (Demis MapServer)*, todos os outros foram implementados utilizando o *ARC IMS* que é um software *shareware* desenvolvido pela *ESRI*, Portugal, possuindo várias ferramentas para a publicação rápida de mapas na *Web*. Estes dois sistemas dispõem de ferramentas que possibilitam uma maior interação, atualização dos dados, uso de imagens em formato *raster* e ainda dispõe de uma grande quantidade de informações sobre os recifes de corais de todo o mundo. Entretanto, por tratar de um conjunto maior de dados, em diversos planos de informação pudemos constatar uma certa falta de precisão das informações relacionadas aos corais de algumas regiões. Como exemplo da distorção, observa-se que o sistema chamado de *Discover NOAA's Data* [Coris 2008] mostra uma região de corais, chamada Corais de Natal, que se localiza, aproximadamente, no interior de Pernambuco (ver os destaques das setas na Figura 3.1).

Destaca-se, aqui, que o sistema apresentado em [ReefBase 2008] é o que mais se aproxima do que está em discussão nesta Tese, uma vez que foi implementado utilizando

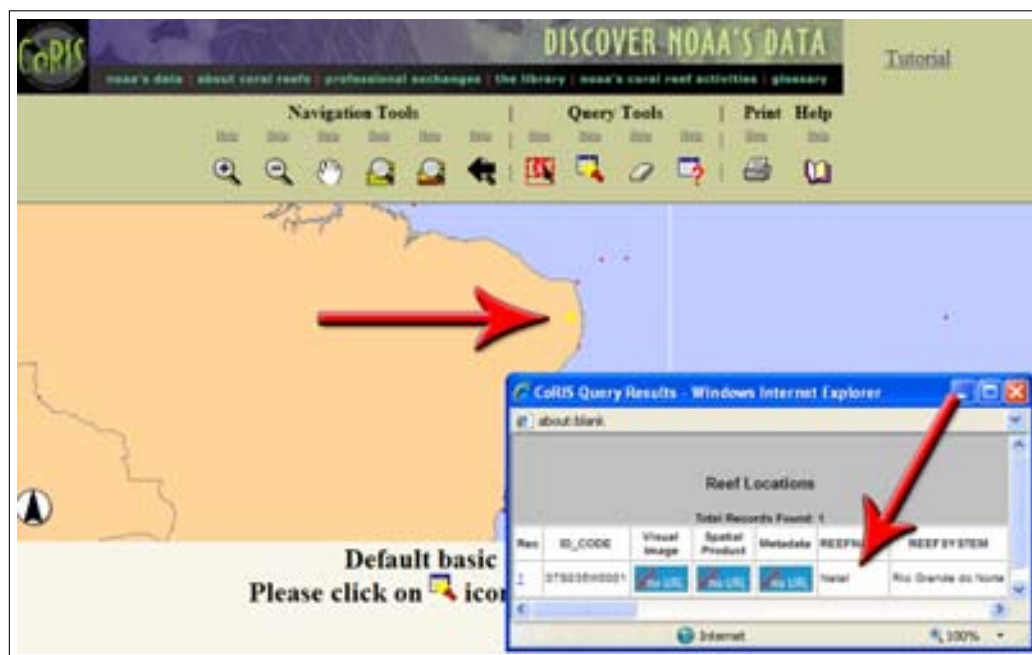


Figura 3.1: Destaque à imprecisão de alguns sistemas

a tecnologia *open-source* e possui um grande conjunto de ferramentas. Como pontos fortes, têm-se: uso de várias camadas, como: corais doentes, região do tsunami de 2004, corais que estão em risco, entre outras; representação da localização de vários corais do mundo todo (embora não tenha os corais de Maracajaú e Rio do Fogo); bom *layout*. Como pontos fracos têm-se: *refresh* (atualização) não automático; não funcionou bem no navegador *Chrome* da empresa *Google*.

Já o trabalho apresentado em [AIMS 2008] limita-se a apresentar os corais da região da Austrália utilizando a *API* do *Google Map*. Tal artifício possibilita apenas a visualização do mapa, não sendo possível a interação por meio de camadas e outros mecanismos.

Cabe ressaltar que nenhum dos sistemas apresentados até aqui dispõe de mecanismos para inserção de dados pelos usuários. O fato é que eles são apenas visualizadores do que foi coletado, possuindo como saída em tela ou somente em impressão (exceto o trabalho [ReefBase 2008] que possibilita também a saída em imagens *GIF*, *JPEG* e *PNG*).

3.2 Trabalhos que não envolvem corais

Hoje em dia o uso de um *SIG Web* é imprescindível não apenas em monitoramento ambiental. Áreas como turismo e aplicações comerciais utilizam intensamente o *SIG Web* como ferramenta para otimização de tempo (através de rotas), localização de estabeleci-

mentos, visualização em 3D de pontos turísticos, entre outros. Ao analisar os trabalhos relacionados a estas áreas, pode-se extrair diversos mecanismos que possibilitam uma melhor interação usuário \times sistema. Assim, ao longo do desenvolvimento desta Tese buscamos implementar, baseado também nos sistemas comerciais, várias funções que garantiram uma melhoria na interação, além de outras inovações que tornaram singular o sistema apresentado. Assim, alguns trabalhos relacionados são expostos a seguir:

- *Google maps* [Google 2008a];
- *Terra mapas* [Terra 2008];
- *Apontador* [Apontador 2008];
- *Map24Brasil* [Map24Brasil 2008].

Atualmente, o *Google maps* [Google 2008a] é o *SIG Web* mais utilizado em todo o mundo. Os satélites em órbita da empresa *Google* possibilitaram o mapeamento de quase todo o globo terrestre, com detalhes em escalas reduzidas. Já o alto grau de tecnologia envolvido no sistema fez com que a transação das informações se tornasse rápida o bastante para possibilitar os milhares de acessos simultâneos e os envios de imagens de satélite aos usuários. O *Google maps* utiliza o modelo *AJAX* e tem como os principais pontos fortes: uso de rotas, inserção visual de pontos comerciais, imagens de satélite de alta precisão, ótima velocidade na transação dos dados. Como pontos fracos, observamos: não é *open-source* e não possibilita que dados ambientais sejam inseridos e tratados.

Com relação aos outros sistemas citados [Terra 2008, Apontador 2008, Map24Brasil 2008], todos eles não são *open-source* e tratam, basicamente, de dados comerciais, salvo o sistema [Apontador 2008] que possibilita a visualização de outros tipos de dados, como: demografia, saúde, transporte, divisões administrativas de cidades, entre outros. Quanto à tecnologia envolvida nestes sistemas, mesmo após uma profunda análise na documentação, não pôde ser determinada. Porém, a forma de apresentação e tratamento se assemelha às tecnologias que utilizam o *MapServer* e o *AJAX*.

3.3 Trabalhos com utilização de interpoladores

Nesta Tese houve também o estudo de trabalhos relacionados ao uso de interpolação para estimar valores em uma superfície (melhor descrita na Seção 4.1.3). O uso desta técnica foi observado apenas em *softwares* direcionados à execução em máquina local, como no *ARC GIS* da *ESRI*. Assim, da análise deste cenário identificamos mais uma oportunidade de contribuição desta Tese, à medida que o uso de interpolação em mapas

voltados à *Web* pode evidenciar e incentivar novas formas de trabalho que podem ser estendidas também às aplicações urbanas e turísticas.

Por outro lado, se tratando apenas do uso de interpoladores na geociência e não levando em conta os aspectos de *software*, constatamos que alguns autores utilizaram a geoestatística para o estudo da variabilidade, dependência e continuidade espacial de atributos da natureza, como: [B. Tragmar & Uehara 1985, Kirda et al. 1988, S. Vieira & Topp 1992, Reichardt et al. 1993, Van & Van 1993, Shouse et al. 1995]. Outros pesquisaram métodos de interpolação e os compararam, como: método da triangulação [Lam 1983], método dos polígonos [Isaaks & Srivastava 1989], método do inverso da distância [Brookers 1991, Gotway & Hartford 1996], método do vizinho mais próximo [Myers 1991] e método da Krigagem [Yost et al. 1982, Alli et al. 1990, Hosseini et al. 1993]. Desses métodos citados destacam-se o da ponderação do inverso da distância (IDW) e a Krigagem. Ambos os métodos estimam valores de locais não amostrados baseados na medição de locais vizinhos com pesos determinados para cada medição. Segundo [Dias 2005], a ponderação do inverso da distância é mais fácil de se realizar, enquanto que a Krigagem consome mais tempo e é mais complicada de se aplicar. A exatidão desses dois processos tem sido comparada em numerosos estudos [Kravchenko & Bullock 1999].

Myers [Myers 1991] e Laslett [Laslett 1994] fizeram uma abordagem geral de métodos utilizados para interpolação espacial de parâmetros em áreas de pesquisa como ciência do solo, ecologia, engenharia florestal, hidrologia e meteorologia, destacando-se a Krigagem como um preditor em potencial de inúmeros parâmetros nestas áreas. Dirks et al. [Dirks et al. 1998] trabalharam com alguns interpoladores espaciais para chuvas anuais, mensais, diárias e horárias para a Ilha de Norfolk na Nova Zelândia. Os pesquisadores concluíram que os métodos da Krigagem e inverso do quadrado da distância sobressaíram em relação a polígonos de Thiessen, splines cúbicas e inverso da distância com expoentes 1, 3 e 4. Contudo, os autores não estabeleceram qual dos dois métodos citados poderia produzir maior precisão.

Outros autores estudaram o mapeamento de características específicas, bem como a variabilidade e dependência espacial destas nos solos, como: medidas de umidade e temperatura superficiais do solo [Davidoff & Selim 1988], densidade e condutividade hidráulica dos solos [Bresler et al. 1984, Ciollaro & Romano 1995, Rogowski & Wolf 1994, Gupta et al. 1995], retenção de água [Burden & Selim 1989, Voltz & Goulard 1994, Folegati 1996], propriedades físicas dos solos [Borgelt et al. 1994, Horn et al. 1994, Ribeiro 1995], porosidade do solo [Puentes et al. 1992], resistência à penetração [Moolman & Huyssteen 1989], nível do lençol freático [Aboufirassi & Marino 1983],

drenagem em solos salinos [Agrawal et al. 1995], salinidade do lençol freático [Hooda et al. 1986], contaminação do lençol [Reynolds et al. 1994], acidez do solo [Boyer et al. 1996], resistência e plasticidade [Alli et al. 1990] e processos erosivos [Cremers et al. 1996] etc.

Como visto, embora já existam inúmeros trabalhos relacionados ao uso de interpoladores em dados geográficos e geológicos, ainda há uma carência acentuada no uso destas técnicas aplicada aos estudos de corais e dos seres vivos que neles habitam. Tal carência pode ser atribuída ao fato de haver poucas ferramentas voltadas ao estudo aprofundado desses organismos. Isso pode ser constatado ao se observar que os estudos citados foram evoluídos mediante ferramentas já criadas para gerar os valores interpolados, ou seja, não houve neles nenhuma construção de um software especialmente voltado a *Web* e direcionado a um ambiente específico, como os recifes de corais.

Com efeito, tem-se neste trabalho a possibilidade de levantar e fornecer um direcionamento a no mínimo dois aspectos relevantes ao monitoramento ambiental. São eles: criação de um sistema na *Web* para interpolar dados pontuais amostrados; uso de interpoladores para se estimar valores relacionados aos corais e seres vivos co-relacionados.

3.4 Outros trabalhos

Nos trabalhos preliminares que iniciaram os estudos desta Tese, optou-se por desenvolver o sistema utilizando o padrão *SVG*. Obtivemos como resultado um sistema bastante interativo, com algumas superioridades em relação àqueles que utilizavam tecnologias em conjunto com o *MapServer* [Cabral 2006]. Embora o *SVG* seja apoiado por importantes empresas e organismos de padronização do mundo todo, como: *Kodak*, *Adobe*, *W3C*, *Microsoft* etc., observou-se que a tecnologia não evoluiu como se esperava. Ainda há limitações para o seu uso, como por exemplo: a necessidade de se instalar um *plugin* para que o navegador *Web* consiga exibir as informações corretamente. Assim, optou-se, no decorrer da Tese, mudar a ferramenta de representação dos mapas e, então, passou-se a utilizar o *AJAX*, por esta ser uma tecnologia que está em ascensão e que permite dar um maior controle ao usuário na manipulação dos mapas. Esse crescimento é observado no uso intenso da tecnologia por grandes empresas, como: *Google* [Google 2008b], *Microsoft* [Microsoft 2008] e *Yahoo!* [Yahoo! 2008].

3.5 Discussões

Após a avaliação dos projetos atuais de monitoramento de recifes de corais e de outros trabalhos afins (ver Figura 3.2), pode-se chegar a algumas considerações quanto às inovações desta Tese e o que foi considerado como principais contribuições para o crescimento científico da área. Como já observado anteriormente, a maioria dos corais do mundo são tratados de uma forma ineficiente quanto ao emprego de tecnologias. Temos áreas importantes no mundo todo que estão sendo progressivamente devastadas pela ação direta e indireta dos homens sem que haja um monitoramento eficaz dos danos causados por essas ações. Para o controle destas áreas é imprescindível que se adotem ferramentas que mostrem à sociedade as áreas de risco, criando algumas soluções para o turismo ordenado e para o estudo dos casos.

Em situações onde há grandes áreas para controle ambiental e somente mapas estáticos, o monitoramento fica praticamente nulo, como se foi visto nos trabalhos com publicação em mapas estáticos. Já nos trabalhos onde são publicados mapas dinâmicos na *Web*, pode-se observar uma vasta possibilidade de se efetuar o monitoramento, pois há trabalhos que possibilitam até mesmo o conhecimento dos acontecimentos em tempo real [NowCast 2008]. Porém, como já foi mencionado, alguns dos sistemas que representam estes mapas dinâmicos utilizam ferramentas *shareware* para gerar o mapa. Tal mecanismo encontra-se em sentido oposto ao que foi feito nesta Tese, onde o foco é no uso de ferramentas de distribuição livre (*freeware*) e de código aberto (*open-source*). Isto é um interessante desafio visando obter resultados mais expressivos, além do fato de que todos possam utilizar as ferramentas resultantes do projeto.

Diante do exposto, podemos destacar algumas características que fazem do sistema desta Tese um projeto diferenciado, com algumas vantagens que o tornarão um centro repositório de dados ambientais. Primeiramente, destacamos o fato deste sistema possibilitar a entrada de dados pelos usuários ser algo que, realmente, dá uma plena autonomia e faz com que em pouco tempo haja uma base de dados repleta de informações das mais diversas áreas. Também, destacamos a tecnologia empregada na implementação que garante estabilidade e uma melhoria na interatividade. Além disso, através de conceitos de matemática computacional, o sistema permite o tratamento analítico de pontos (com o auxílio da interpolação).

Por fim, devemos observar que ao se levar em conta todo o conjunto de fases envolvidas nesta Tese, como a aquisição de imagens por um aeromodelo (a ser apresentada na Seção 6.1.1) e a representação dos dados na *Web*, conclui-se que o sistema possibilita que o conjunto de informações ambientais seja corretamente apresentado.

	Nome	Interação	Abrangência	Entrada	Saída	Layout	Tecnologia	Compatibilidade	Velocidade	Ponto Forte	Ponto Fraco	Avaliação	
Trabalhos sobre corais sem publicação em mapas	Reef Relief	---	Mundial	---	---	---	---	---	---	---	Não tem mapa	★	
	Florida's Coral Reefs	---	Flórida	---	---	---	---	---	---	---	Não tem mapa	★	
	National Marine Sanctuary	---	Havai e U.S.A.	---	---	---	---	---	---	---	Não tem mapa	★	
	Global Coral Reef Monitoring Network	---	Mundial	---	---	---	---	---	---	---	Não tem mapa	★	
	Reef World	---	Mundial	---	---	---	---	---	---	---	Não tem mapa	★	
	Coral Reef Conservation Program - NOAA	---	U.S.A.	---	---	---	---	---	---	---	Não tem mapa	★	
	International Coral Reef Action Network - ICRAN	---	Tailanda	---	---	---	---	---	---	---	Não tem mapa	★	
	Coral Reef Alliance	---	Mundial	---	---	---	---	---	---	---	Não tem mapa	★	
	Laysan Island	---	Havai	---	JPEG	---	---	---	---	---	Não é um SIG	★	
	INCRAN	---	Mundial	---	JPEG	---	---	---	---	Abrangência	Não é um SIG	★	
Trabalhos sobre corais com publicação em mapas estáticos	World distribution of coral reefs and mangroves	---	Mundial	---	JPEG	---	---	---	---	Abrangência	Não é um SIG	★	
	Milennium Global Coral Reef Mapping Project	---	Flórida	---	PDF	---	---	---	---	---	Não é SIG, em PDF	★	
	Virgin Island National Park	---	Ihas Virgens	---	JPEG	---	---	---	---	---	Não é um SIG	★	
	Coral Reefs of Hawaii	---	Havai	---	JPEG	---	---	---	---	---	Não é um SIG	★	
	Great Barrier Reef Marine Park	---	Austrália	---	JPEG	---	---	---	---	---	Não é um SIG	★	
	Benthic Habitat Atlas	---	Ihas Virgens	---	PDF	---	---	---	---	---	Não é SIG, em PDF	★	
	Planetary Coral Reef Foundation	---	Polinésia, Austrália e outros	---	JPEG	---	---	---	---	---	Não é um SIG	★	
	Remote Sensing Applications to Coral Reefs	---	Havai	---	JPEG	---	---	---	---	---	Não é um SIG	★	
	NOAA'S	---	Mundial	---	JPEG	---	---	---	---	Abrangência	Não é um SIG	★	
	Milennium Coral Reefs Landsat Archive	Pouca	Mundial	---	JPEG	Bom	Mapeamento de imagens	todos os navegadores	Bom	Muitos corais; img satélite	Não usa camadas, sem funções de SIG	★	
Trabalhos sobre corais com publicação em mapas dinâmicos	ReefBase	Bom	Mundial	---	PHG, JPEG e GIF	Bom	OpenGIS U Dima MapServer	todos os navegadores (c/ flash e javascript)	Bom	Muitas camadas e corais	Refresh não automático	★	
	Nowcast	Regular	Mundial	---	JPEG	Bom	ARC IMS	todos os navegadores	Excelente	Muitos dados, tempo real	Layout	★	
	Discover NOAA's Data	Bom	Mundial	---	JPEG	Bom	ARC IMS	todos os navegadores	Bom	Muitas camadas	layout ruim; baixa interação	★	
	Australian Institute of Marine Science	Bom	Austrália	---	JPEG	Regular	Google Maps	todos os navegadores	Excelente	---	Não é um SIG; Tecnologia do Google	★	
	Google maps	Excelente	Mundial	portos conectados	JPEG	Excelente	Ajax	todos os navegadores	Excelente	Rotas; Imagens; Precisão	Não é open-source; não é voltado à aplicação ambiental	★	
	Terra Mapas	Bom	Brasil	---	JPEG	Bom	Não divulgado	todos os navegadores	Bom	Rotas; Precisão	Não é open-source; não é voltado à aplicação ambiental	★	
	Apointador	Excelente	Brasil	portos conectados	JPEG	Excelente	Não divulgado	todos os navegadores	Bom	Layout; Rotas; Trabalho em tempo real	Não é open-source; não é voltado à aplicação ambiental	★	
	Map24Brasil	Bom	Brasil	---	JPEG	Bom	Não divulgado	todos os navegadores	Bom	Visualização em perspectiva; vóo	Não é open-source; não é voltado à aplicação ambiental	★	
	Sistema apresentado na Tese		Excelente	Corais de Marajó	Shapefile; Pontos e Tabela	JPEG; PDF; GIF e PHG	Excelente	Ajax	todos os navegadores	Regular	Inserção de dados; Layout; Interações; Interação	Velocidade; Abrangência	★

Figura 3.2: Lista dos trabalhos relacionados

Capítulo 4

O problema

Os recifes de corais formam um dos ecossistemas mais diversos do planeta, certamente o mais diverso dos oceanos, por concentrar uma das maiores densidades de biodiversidade dentre todos os ecossistemas [Adey 2000]. Em 1998, o trabalho de Wilkinson [Wilkinson 1998] estimou que cerca de 500 milhões de pessoas residentes em países em desenvolvimento possuíam algum tipo de dependência relacionada a este ecossistema (número este que vem aumentando gradativamente). Já é de pleno conhecimento que a saúde dos corais afeta diretamente toda a população e que este ecossistema está seriamente ameaçado. Em uma estimativa realizada em 2003, Padovani [Ferreira & Maida 2006] constatou que cerca de 27% dos corais se encontravam degradados de forma irreversível. Além disso, estudos realizados no mesmo ano apontaram que, caso o nível de degradação continue nesse mesmo ritmo, um dano semelhante aos 27% ocorreria novamente dentro de 30 anos [Cesar et al. 2003]. Por outro lado, o monitoramento dos recifes de corais é especialmente importante devido, também, à correlação encontrada entre os eventos de branqueamento (fenômeno que vem danificando os recifes de corais no mundo todo) e as mudanças climáticas globais.

Além do que foi exposto, os impactos provocados por atividades humanas, tais como pesca, poluição e mau uso do solo, também têm degradado os recifes de todo o mundo. Dados de 1999 revelavam que, no Brasil, mais de 18 milhões de pessoas viviam na zona costeira, a qual representava uma das regiões mais densamente povoadas do país, especialmente na região Nordeste [Moraes 1999]. A pesca é uma das atividades mais importantes sob o ponto de vista social, econômico e cultural, mas também a que causa um dos maiores danos aos recifes. Já o turismo crescente, especialmente na região dos Parrachos de Maracajaú, apresenta tanto oportunidades quanto ameaças.

No Brasil, os recifes de corais estão distribuídos ao longo dos 3.000 km da costa Nordeste do país, e representam o único sistema recifal do Atlântico Sul [Ferreira & Maida 2006]. Já em relação à dispersão deles no mundo, eles são encontrados em mais de

100 países e territórios através dos trópicos. Estimativas feitas em 2002 indicavam que, em nível mundial, os recifes de corais contribuíam com quase 375 bilhões de dólares em bens e serviços por meio de atividades como pesca, turismo e proteção costeira [Wilkinson 1998].

No Parracho de Maracajaú, localizado na Área de Proteção Ambiental dos Recifes de Corais do RN (APARC-RN), o turismo é intenso. De acordo com *Feitosa* [Feitosa 2005], as lanchas levam turistas a cinco flutuantes fixados no Parracho, somando em dias de maiores picos cerca de 1.300 visitantes. *Amaral e Gonçalves*, em [Gonçalves & Amaral 2004], já indicavam o aumento do número da prática de *snorkeling* em uma das empresas autorizadas a operar na região (Maracajaú Diver), ver Figura 4.1.

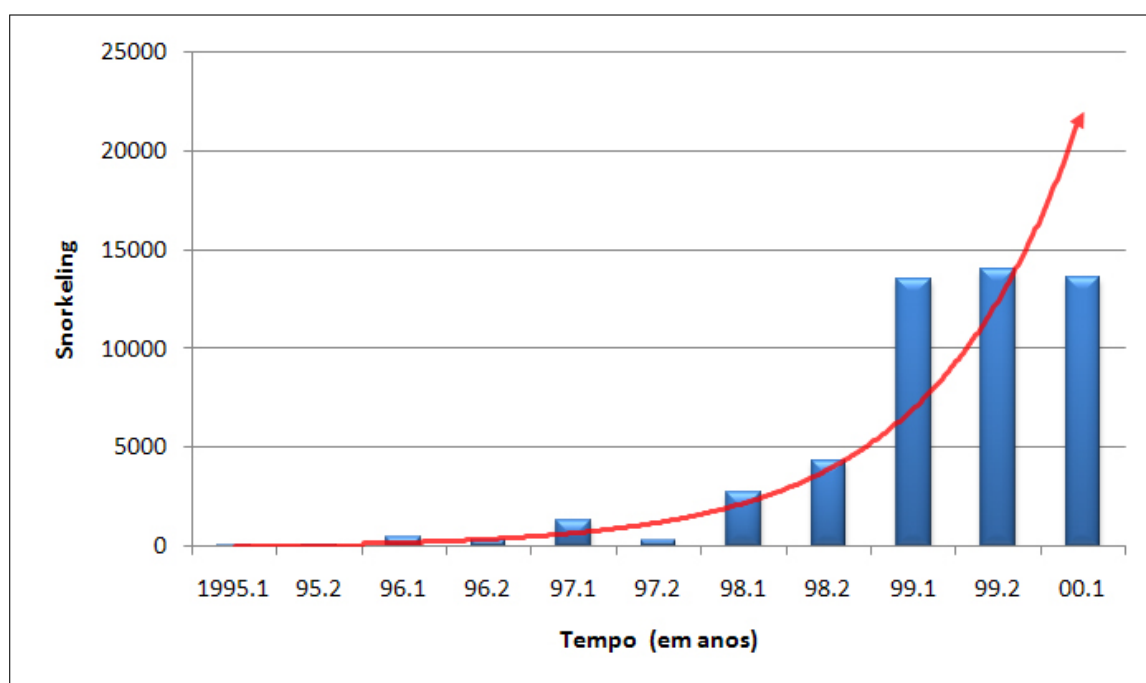


Figura 4.1: Número de *snorkelings* nos Parrachos de Maracajaú de 1995 a 2000.

Diante do exposto, a preocupação com a conservação e a necessidade de monitoramento dos recifes levou-nos à criação de um sistema que disponibilizasse ferramentas interativas, de fácil uso, para que os pesquisadores possam publicar seus levantamentos e possibilitar a realização de análises por gestores ou por eles mesmos em uma plataforma única, via *Web*.

Após a análise dos trabalhos relacionados, apresentados no Capítulo anterior, fica claro que a criação dessa ferramenta é essencial para o completo monitoramento da região em estudo, visto que, atualmente, não há ferramentas comerciais ou públicas que possi-

bilibitem a realização de análises matemáticas e a entrada (*up-load*) dos dados coletados *in-loco*.

Com efeito, podemos dividir o problema de acordo com os seguintes requisitos: criação de uma ferramenta interativa; uso de múltiplos perfis; possibilidade de envio de dados; e, por fim, realização de análises matemáticas; tudo *on-line*.

4.1 Criação da ferramenta interativa

A utilização de informação geográfica é certamente um dos desafios mais recentes da sociedade moderna. O gerenciamento de tal tipo de informação é a garantia de decisões acertadas a partir do planejamento eficiente. O processo de tomada de decisão nas áreas de planejamento se utilizará, sem sombra de dúvidas, de ferramentas capazes de subsidiar avaliações que envolvem dados geográficos e estatísticos. A utilização destas ferramentas pode ser em forma de sistemas isolados (aplicações em *Desktop*) ou em ambientes de rede (*Web*) [Furquim & Furquim 2008].

Os *SIG* trouxeram um novo conceito para a utilização e tratamento dos mapas nos últimos anos. Uma gama muito grande de instituições e empresas já utilizam ferramentas de gerenciamento de informações geográficas, dentre elas, prefeituras, empresas fornecedoras de serviços públicos, órgãos de gestão ambiental, empresas de produção e distribuição de petróleo, profissionais de *marketing*, agricultores, entre outras.

Com relação especificamente à gestão ambiental, um grande número de usuários, ou possíveis usuários, podem estar envolvidos no projeto. Tais usuários podem solicitar não apenas mapas inteligentes, mas também uma variedade de documentação multimídia *on-line*.

A disponibilização de mapas geocodificados em ambiente *Web* tornou-se possível graças aos avanços da tecnologia da informação, que vem implementando recursos aos programas utilizados nestes ambientes. Isto tem permitido o acesso aos recursos de geoprocessamento por parte de usuários apenas com a utilização de *browsers*.

Considerando, então, os avanços tecnológicos, com o aumento das taxas de transferência de arquivos e a navegação *on-line* com respostas cada vez mais rápidas e eficientes, é fácil imaginar que os *SIG* voltados para as estações isoladas de trabalho tendem a ficar limitados a casos mais específicos, que não envolvam grupos maiores de usuários. Esses, por sua vez, passarão a utilizar cada vez mais da tecnologia *Web* para a implementação de sistemas de maior abrangência.

Nesse sentido, após uma análise das ferramentas existentes no mercado, verificamos que nenhuma delas atendia ao objetivo final pretendido nesta pesquisa. Assim, optamos

por desenvolver o sistema por meio de um modelo que garantisse a perfeita interação usuário × máquina. Como já exposto nos capítulos anteriores, foi utilizado o *AJAX* para contornar a problemática da ferramenta no tocante à implementação. A partir de então, os esforços se voltaram à codificação do sistema, pensando sempre na melhoria da usabilidade.

Para um melhor entendimento da lógica do sistema, tratamos os componentes dos requisitos como módulos separados. A Figura 4.2 apresenta a composição desses módulos, que serão descritos a seguir.

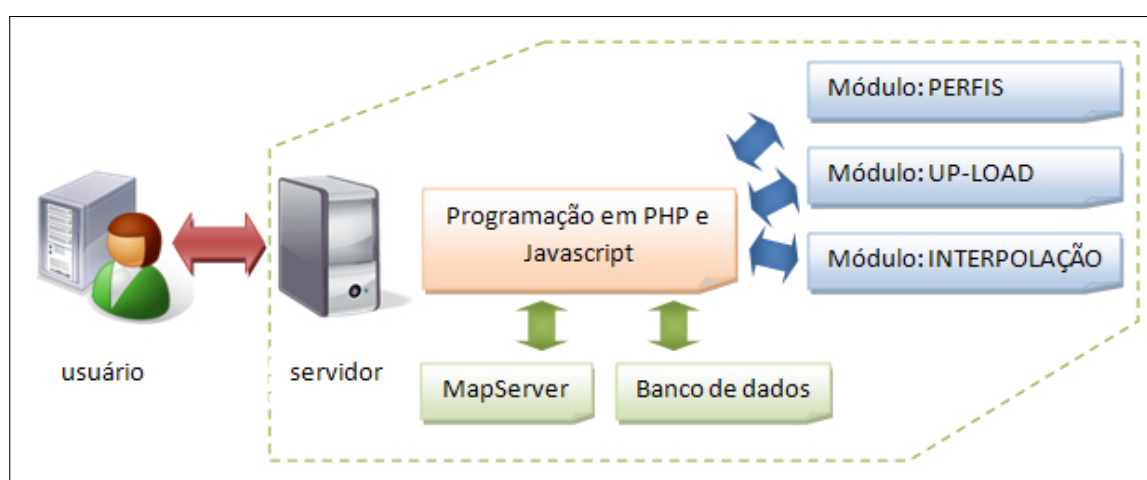


Figura 4.2: Visão geral dos módulos componentes

4.1.1 Módulo perfis

Trabalhos que utilizam *SIG* podem envolver profissionais de diferentes áreas. De acordo com *Feitosa* [Feitosa 2005], em um Estudo de Impacto Ambiental (*EIA*), por exemplo, os agrônomos descrevem as mudanças causadas ao solo, os sociólogos descrevem as mudanças sociais provocadas e os biólogos descrevem os impactos sofridos pelos animais. Mas, um dos grandes problemas no uso de um mesmo *SIG* por diversos profissionais está no fato de que cada um deles trabalha com as informações segundo a sua visão e necessidade. Isto torna a modelagem de dados geográficos um processo bastante complexo, pois um único conceito pode ser definido com diferentes termos. Por exemplo, um sociólogo pode usar o termo “pedra” para fazer referência ao que para um geólogo é uma “rocha”. Os conceitos também podem ser mais detalhados ou não, por exemplo, um geólogo pode diferenciar “rocha ígnea” de “rocha metamórfica” enquanto que para um engenheiro tudo pode ser simplesmente “rocha” [Davis & Câmara 2004].

A solução adotada em muitos sistemas é definir uma representação conceitual que todos os sistemas possam entender. Tal representação tem o papel de funcionar como uma camada intermediária entre dois sistemas, de forma que os seus termos possam ser relacionados [Davis & Câmara 2004]. Já surgiram vários padrões para melhorar a representação conceitual da informação geográfica. No entanto, o excesso de representações leva ao problema da incompatibilidade.

Para a solução da problemática, deve-se, então, possibilitar que os usuários utilizem o sistema com suas diferentes maneiras (termos) de definirem os conceitos, ou seja, permitir que os usuários utilizem o sistema utilizando vocabulários que lhes sejam familiares; e que haja uma ferramenta capaz de trabalhar com as diferentes necessidades dos usuários. Em outras palavras, um sistema que possibilite a exposição dos dados de acordo com a área de interesse de cada usuário, seja pesquisador ou não.

Com efeito, para que um mesmo *SIG* possa manipular informações de diferentes áreas de conhecimento foi abordado neste trabalho o uso de perfil, sendo este, inicialmente, agrupado da seguinte maneira:

PERFIS

- **Pesquisador**

- **Biólogo** (interesse maior, por exemplo, nas camadas: algas, corais, peixes e outras espécies);

- **Geólogo** (interesse maior, por exemplo, nas camadas: solo, salinidade da água, nível de poluição, nível de desgaste dos corais e fluxo turístico);

- **Oceanógrafo** (interesse maior, por exemplo, nas camadas: grau de nitidez da água, quantidade de peixes e outras espécies);

- **Turista** (interesse maior em saber, por exemplo, onde há mais organismos vivos, melhor nitidez e local dos flutuantes);

- **Órgãos gestores** (interesse maior nas camadas, por exemplo, de controle das acessibilidades aos corais, nível de desgaste dos corais, pagamento de taxas e nível de poluição);

- **Comunidade** (interesse maior, por exemplo, nas camadas de orientação aos pescadores sobre as áreas de proibição da pesca de lagosta e locais de permissão para entrada com embarcação sobre a região dos corais).

Diante do exposto, o usuário ao escolher o perfil desejado, a ele são direcionadas as camadas de maior interesse. Entretanto, o direcionamento é apenas uma indicação, sendo possível ter um *mix* de camadas. Assim, a problemática de ter um sistema único para a visualização de dados de diferentes áreas do conhecimento foi devidamente solucionada.

Maiores detalhes sobre o uso de perfis serão vistos na Seção 5.3.

4.1.2 Módulo *up-load*

Apesar de toda a evolução nos SIGs, verifica-se, em especial nos SIG Web, que estes ainda são sistemas fechados, com permissão restrita de inserção de dados. Normalmente tais inserções são feitas apenas pelos criadores/gestores do sistema. Fica fácil, então, perceber a falta de dinamismo em diversos sistemas Web, com dados não frequentemente atualizados. Isso se deve, em parte, ao fato de muitos sistemas utilizarem o MapServer e este, funcionando com apenas um único arquivo de configuração (*mapfile*), fica vinculado a apenas uma representação gráfica do mapa. Logicamente que, ao usuário, é permitida a mudança da representação do mapa, entretanto tal alteração é realizada através de controles padrões dos SIG Web, como nível de *zoom*, exibição/ocultação de camadas, dentre outros. Tal constatação pode ser observada em diversas publicações, dentre elas a seguinte:

"Os SIGs geralmente utilizam o conceito de camadas para a apresentação de mapas [Câmara 1996]. Cada camada é formada por objetos espaciais e essas são sobrepostas formando as imagens dos mapas. O ambiente MapServer também utiliza o conceito de camadas, estas são descritas por um arquivo de configuração chamado mapfile [Mapserver 2004]. Além da descrição das camadas, o mapfile também possui todas as informações necessárias para que o MapServer reproduza a imagem do mapa referente a esse mapfile. Cada imagem reproduzida de um mapa possui um mapfile correspondente e cada mapfile descreve apenas um mapa. Portanto, a geração correta dos mapfiles é fundamental para o desenvolvimento de um SIG [Mello et al. 2007]."

No tocante ao arquivo *mapfile*, uma definição é dada por Hagen et al. [Hagen et al. 2004]:

"Os componentes de um SIG são representados no servidor por um arquivo mapfile. Tal arquivo é um documento de configuração do MapServer que influencia a aparência do mapa gerado. O mapfile junto com os dados do SIG (inseridos ou não no banco de dados) geram o mapa desejado. É importante ter em mente que os dados do SIG não são transferidos entre o cliente e o servidor. Eles são armazenados durante todo o processo no banco de dados. Somente as informações sobre a localização dos arquivos armazenados e a aparência dos dados do SIG são transferidas."

Destarte, no decorrer do desenvolvimento do sistema verificou-se que deveria ser implementado um mecanismo que possibilitasse a inserção/atualização/remoção de dados geográficos pelos próprios usuários. Isso faria com que o sistema avançasse na interação e possibilitaria que o conjunto de dados sobre a área tivesse um incremento significativo. Com efeito, para a solução desta problemática utilizou-se o conceito de múltiplos arquivos *mapfile*. Mais detalhes serão vistos na Seção 5.4.3.

4.1.3 Módulo interpolação

A terceira problemática envolve o uso de matemática computacional e geoestatística para possibilitar que os dados não coletados sejam devidamente estimados com base em dados coletados. Além disso, envolve a exibição de pontos amostrais por meio de gráficos em barra que auxiliam na análise e na co-relação de dados espaciais.

De acordo com *Openshaw* [Openshaw 1998], a era de mapa digital em *SIG* está sendo ultrapassada pela demanda de análises geográficas mais específicas e avançadas e que, no futuro, será necessário incorporar procedimentos analíticos mais adequados e interligados com as facilidades existentes para a apresentação de dados geográficos.

A questão principal está relacionada à forma de como os dados coletados podem ser convertidos em informações. Em muitos casos, deseja-se converter os dados para mapas de contorno, diagramas de perspectiva ou imagens, com a finalidade de representar graficamente a variação espacial dos mesmos. Em outros casos, deseja-se inferir valores em localizações particulares entre os pontos amostrados. Em ambas as situações, o processo de interpolação é necessário [Camargo 1997].

A análise espacial, como parte integrante de um *SIG*, oferece uma ampla variedade de ferramentas que fornecem estimativas para locais não amostrados [Bucene & Zimback 2003]. A comunidade científica vem adotando o uso de técnicas da geoestatística para estimar os valores desses locais, que variam no espaço, a partir de amostras de campo. Esta interdisciplina primeiramente foi utilizada para estudar uma única variável. Posteriormente, métodos geoestatísticos foram desenvolvidos para múltiplas variáveis e para quantificar variáveis co-relacionadas não conhecidas ou de difícil determinação [Stein et al. 1998, Mcbratney et al. 1991].

Segundo *Ortiz*, em seu artigo *Geoestatística* [Global 1997], a variabilidade de um grupo de amostras é espacialmente dependente, ou seja, dentro de um certo domínio, as diferenças entre elas podem ser expressas em função da distância de separação entre as observações medidas [Silva et al. 2007]. A geoestatística está associada a uma classe de técnicas utilizadas para analisar e inferir valores de uma variável distribuída no espaço ou

no tempo, e, de acordo com *Silva et al.* [Silva et al. 2007] possui três etapas importantes, assim definidas:

- **Análise exploratória das amostras:** Tem como objetivo principal averiguar as propriedades matemáticas e estatísticas dos dados através de histogramas. Ela possibilita a identificação de possíveis erros com relação à localização dos dados, evidenciando os valores possivelmente errôneos ou associados a algum fenômeno localizado que necessita ser investigado.
- **Análise estrutural:** Tem por objetivo averiguar e identificar padrões na estrutura dos dados, como por exemplo, determinar a ocorrência de anisotropia (variações graduais numa direção ou irregulares na outra) através de um semivariograma. O semivariograma consiste no ajuste da função matemática a partir de amostras experimentais, utilizando um dos modelos transitivos existentes. Quanto mais os dados das amostras experimentais estiverem próximos de um dos modelos transitivos, mais precisa será a análise estrutural.
- **Interpolação dos dados:** Consiste na estimativa e aproximação de valores desconhecidos (ver Figura 4.3) tendo como base uma função inicial definida pela distância entre pontos [Barroso et al. 1987].

É certo que no campo da matemática computacional existe uma série de métodos para a interpolação de dados. Nesta pesquisa, optamos, inicialmente, por trabalhar com o método da *Krigagem*, entretanto, constatamos que o método do inverso da distância (*Inverse Distances Weighted - IDW*) gerava resultados melhores e então passamos a utilizar este como o método para interpolação. Essa mudança deveu-se ao estudo dos comportamentos de dados regularmente dispersos, onde o método *IDW* pôde ser melhor aplicado, além de termos levado em conta também o aspecto da velocidade ao efetuar cálculos matemáticos constantemente em um ambiente cliente \times servidor. O método *IDW* é considerado computacionalmente mais simples.

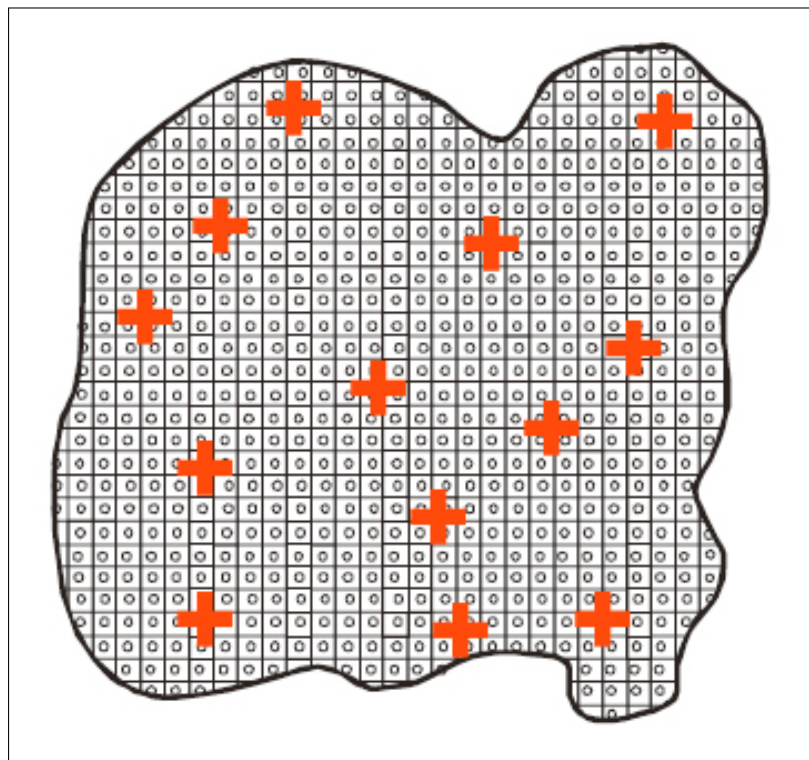


Figura 4.3: Ilustração do processo de interpolação: amostras (cruzes) e aproximação da superfície por uma grade regular (círculos)

4.1.4 Método *IDW* aplicado ao sistema

O Método *IDW* utiliza uma média móvel ponderada, onde todos os pontos amostrados que estejam próximos, em um certo raio, contribuem com pesos inversamente proporcionais à sua distância. Este método de interpolação mede as contribuições de cada ponto amostrado pelo inverso da distância do ponto de controle (local onde o ponteiro do *mouse* se encontra) ao ponto de interpolação (local onde cada ponto da amostra está localizado).

Nesse método, assume-se que cada ponto amostrado tem uma influência local que decresce com a distância. Nele, pesam mais os pontos próximos do que aqueles que estão mais afastados. Um número pré-determinado de pontos ou todos os pontos, num raio específico, são usados para determinar o valor resultante da interpolação. Neste trabalho, optamos por utilizar apenas os 3 pontos amostrais mais próximos ao local do *mouse* por assim reduzir a velocidade de processamento sem, contudo, perder uma precisão relevante.

Normalmente o método *IDW* estima os valores das células de uma grade (*grid*), assinando para cada célula os valores dos dados dos pontos de amostragem vizinhos. Um *grid* representa uma superfície que usa uma rede de pontos regularmente espaçados. Podem ser estimados valores em qualquer ponto da rede, recorrendo aos vizinhos mais próximos da mesma rede, dando mais peso aos que estão mais próximos. Entretanto, nesta Tese optamos por não criar previamente o *grid*, uma vez que as mudanças da localização do ponteiro do *mouse* são constantes, o que ocasionaria um enorme processamento de informações toda vez que o local fosse alterado. Assim, o cálculo da interpolação ocorre no momento em que o usuário, após habilitar a função de interpolação no sistema *Web* (ver botão **função interpolação** na Figura 5.9), efetua o duplo clique no *mouse* sobre o mapa.

No *IDW* a influência de cada uma das amostras no valor estimado de um ponto é determinada pelo inverso de sua distância ao ponto elevada a uma potência. A escolha da potência é arbitrária - quanto maior é a potência, maior é a influência da amostra mais próxima e, quando a potência é nula, o ponderador é igual a qualquer amostra. De acordo com Dias [Dias 2005], a potência 2 é a mais utilizada, sendo por isso, muitas vezes conhecido pelo método do inverso do quadrado das distâncias (ver Equação 4.1).

$$X_p = \frac{\sum_{i=1}^n \left(\frac{1}{d_i^2} X_i\right)}{\sum_{i=1}^n \left(\frac{1}{d_i^2}\right)} \quad (4.1)$$

Nesta equação: X_p é a variável interpolada; X_i é o valor da variável da i ésima localidade vizinha; d_i é o valor de distância euclidiana da amostra ao local do ponteiro do

mouse, expresso pela Equação 4.2:

$$d_i = \sqrt{(x_i - x_j)^2 + (y_i - y_j)^2} \quad (4.2)$$

Em termos práticos, a Equação 4.1 pode ser vista em algum momento da execução do sistema como (ver Figura 4.4):

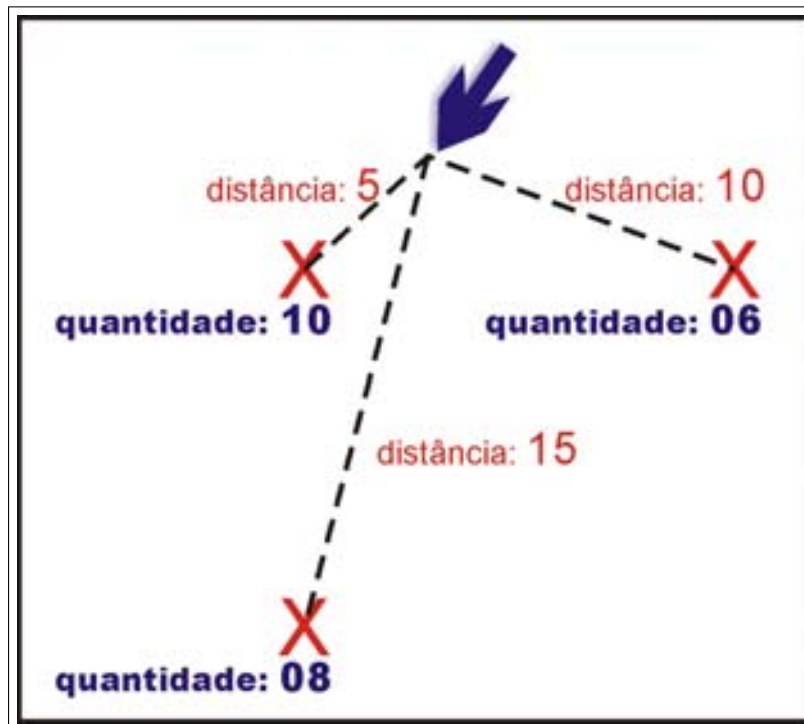


Figura 4.4: Método do inverso da potência das distâncias em valores aleatórios

Substituindo os valores da Figura 4.4 na Equação 4.1, tem-se o seguinte cálculo da Equação 4.3, resultando no valor: 9,10.

$$X_p = \frac{\frac{1}{25}10 + \frac{1}{100}6 + \frac{1}{225}8}{\frac{1}{25} + \frac{1}{100} + \frac{1}{225}} \quad (4.3)$$

Por fim, a técnica de interpolação abordada nesta Tese permite representar os fenômenos naturais através de cálculos matemáticos que melhoram a compreensão sobre as variações dos dados espaciais. Esta técnica utiliza modelos que quantificam a dependência espacial entre as amostras, através da utilização de técnicas geoestatísticas que pressupõe um comportamento homogêneo da estrutura de correlação espacial na área de estudo [Câmara et al. 2001]. Tal técnica será melhor explicada na Seção 5.5.

Capítulo 5

Implementações

O nosso sistema foi desenvolvido de forma modular. Iniciamos com a definição dos requisitos, de uma forma global, e a implementação de um protótipo funcional. Em seguida, o escopo foi reduzido e focado nas implementações dos perfis. Logo após, a implementação do módulo *up-load* foi realizada e, por último, a implementação do mecanismo de interpolação foi tratado. Essas implementações e suas particularidades serão descritas neste Capítulo.

5.1 Metodologias e técnicas

Para o desenvolvimento do sistema descrito nesta tese, utilizamos ferramentas livres, sendo o sistema de código aberto, disponível a quem quiser compilar e usar. O modelo de tecnologia de desenvolvimento usado foi o *AJAX*. O *PHP Mapscript* foi a interface de programação escolhida para fazer as interfaces com o banco de dados *PostgreSQL*. Este *SGBD* foi escolhido devido à sua simplicidade e robustez. No caso, a extensão *PostGIS* dele é usada para adicionar suporte à objetos geográficos ao banco de dados *PostgreSQL*. O *Apache Web Server* é o servidor *Web* escolhido.

O nosso sistema desenvolvido foi testado nos navegadores *Google Chrome*, *Firefox* e *Internet Explorer*. Também testamos nos sistemas operacionais *Linux* e *Microsoft Windows XP*. O sistema está atualmente funcionando num servidor (www.maracajau.org) que é um computador pessoal (IBM) com processador Intel dual core (2.2), com capacidade de armazenamento de 500 Gb.

Além da melhoria conseguida devido ao uso do *AJAX*, foi implementado o conceito de *tile*. Este mecanismo faz com que a imagem ampla do mapa seja “cortada” em outras menores. O uso desta técnica permite um ganho real na performance, visto que ao mover o mapa, o motor *AJAX* fará a requisição ao servidor apenas da área que não estava sendo visualizada. As demais áreas que já estavam sendo mostradas não precisam ser novamente

requisitadas.

5.2 Visão geral do sistema

A Figura 5.1 ilustra o diagrama de caso de uso geral do sistema, descrevendo também os acessos e restrições dos usuários ao sistema.

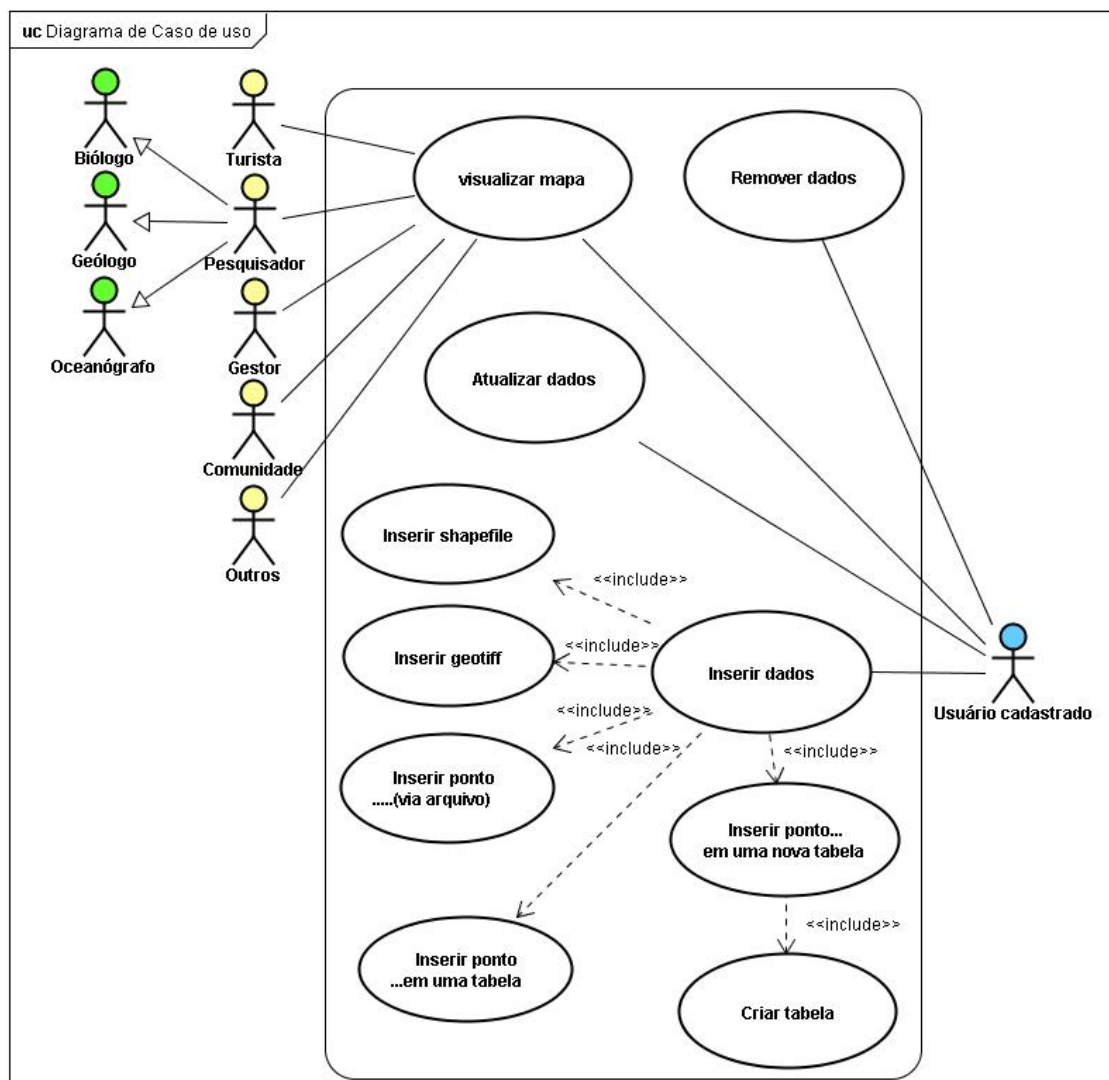


Figura 5.1: Diagrama de caso de uso do sistema

Em resumo (mais detalhes serão dados na Seção 5.3), os atores: turista, pesquisador, gestores, comunidade e outros têm acesso limitado ao sistema, podendo visualizar somente os dados pré-configurados, ou seja, estes atores possuem um conjunto de repre-

sentações associadas a cada um deles, no arquivo *mapfile* (um arquivo para cada ator). Isso possibilita que os gestores visualizem dados somente dos gestores, os turistas somente tenham acesso aos dados do grupo turista, e assim por diante. Cabe ressaltar que é possível que um ator (por exemplo: o turista) possa visualizar simultaneamente dados de outro ator (por exemplo: o gestor), para isso basta que o usuário efetue o *login* no sistema e personalize as camadas que fazem parte do escopo dos dois atores.

Já no outro extremo, o ator **usuário cadastrado** tem à disposição o acesso a uma parte restrita do sistema. Este ator (que pode ser um biólogo, geólogo etc.) pode enviar dados ao servidor de diversas maneiras, como: através de *shapefiles*, imagens *geotiff* e outras. O cadastro deste ator no sistema é feita de forma autônoma e, sendo assim, ele somente poderá excluir e alterar os dados que ele mesmo tenha enviado anteriormente. Isso evita a exclusão não autorizada de dados do sistema.

Dando prosseguimento à descrição das implementações gerais, as subseções seguintes mostram algumas telas do sistema. A forma de apresentação das telas será na seguinte maneira: inicialmente será mostrada uma tela geral com alguns indicadores numéricos nos pontos que merecem maiores destaques. A seguir, tais pontos serão caracterizados em uma imagem ampliada. Caso haja nesta imagem ampliada um outro indicador numérico, este será melhor descrito em uma outra imagem mais ampliada ainda.

5.2.1 Tela de abertura do sistema



Figura 5.2: Tela de abertura

A tela de abertura do sistema é mostrada na Figura 5.2. Ela aparece ao usuário no momento da sua entrada no sistema. Nela, o usuário pode visualizar rapidamente um mapa da região através da seleção dos perfis, como mostrado na Figura 5.3 - que é uma ampliação da área destacada no *indicador 2* da Figura 5.2. O usuário pode também efetuar o *login*, ou até mesmo se cadastrar no sistema, como mostrado na Figura 5.4 - que é uma imagem ampliada da área destacada pelo *indicador 3* da Figura 5.2. Na tela de abertura, o usuário também pode escolher o idioma, entre as opções: português, espanhol e inglês, como ilustrado na Figura 5.5 - que é uma ampliação da área destacada no *indicador 1* da Figura 5.2.

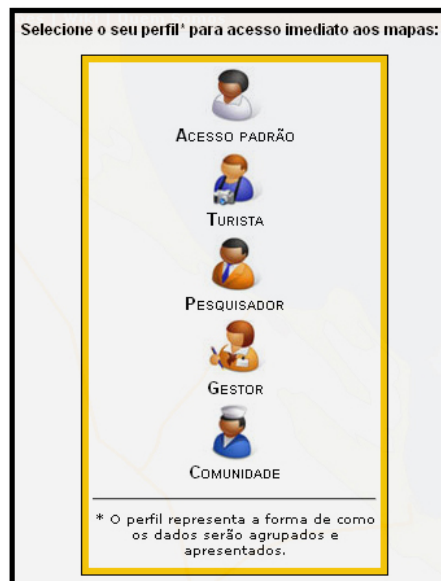


Figura 5.3: Tela de abertura ampliada na área de seleção de perfil

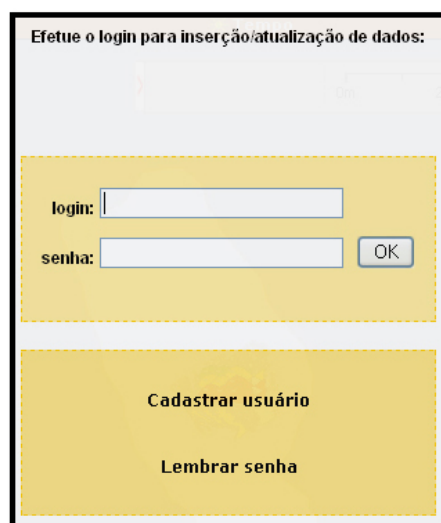


Figura 5.4: Tela de abertura ampliada na área de *login*



Figura 5.5: Ícones para seleção do idioma

5.2.2 Tela principal

Após o usuário ter efetuado o seu *login* ou ter selecionado o perfil desejado, a tela principal do sistema, mostrada Figura 5.6, é apresentada. Observa-se que o mapa já é exposto na tela principal.



Figura 5.6: Tela principal

Pode-se destacar os seguintes pontos importantes no *layout* da tela principal: o conjunto de camadas (apontadas pelo *indicador 1*) e as ferramentas para manipulação do mapa (apontadas pelo *indicador 2* na Figura 5.6).

Cabe observar que a área indicada pelo número *número 1*, conjunto de camadas (melhor representada na Figura 5.8), possibilita as seguintes funções de controle (em ordem):

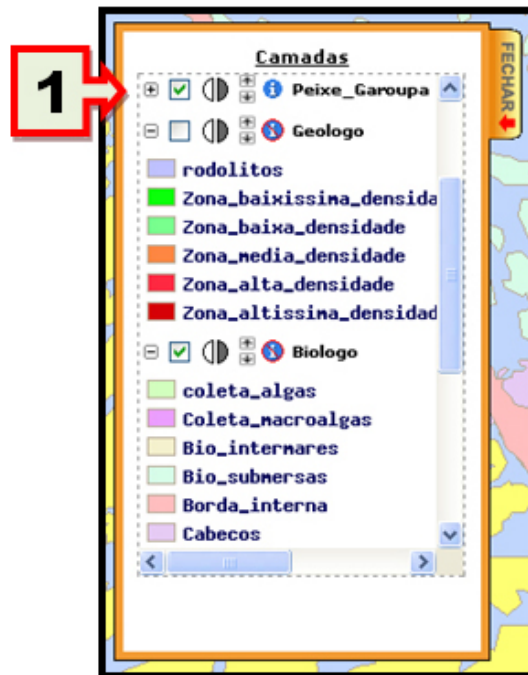


Figura 5.7: Tela principal destacada na área do conjunto das camadas

- Expandir/contrair grupo de camadas;
- Visualizar/ocultar grupo de camadas;
- Incrementar/decrementar o nível de transparência do grupo de camadas;
- Enviar para trás/frente o grupo de camadas;
- Informar se o grupo de camadas é consultável (*queriable*) ou não;
- Informar o nome do grupo de camadas.



Figura 5.8: Controles das camadas

Quanto ao *indicador 2* da Figura 5.6, observa-se (ver Figura 5.9) que há duas barras de ferramentas (uma horizontal e outra vertical) com várias funções que são colocadas à disposição do usuário, fazendo com que haja um processo interativo bastante elevado. Os objetos situados nestas barras têm as seguintes funcionalidades:

- **Coordenadas do mouse:** mostra, em coordenadas *UTM*, a localização instantânea do ponteiro do mouse;

- **Escala:** mostra a barra de escala em metros (pode ser configurada para qualquer outra unidade);
- **Info de elementos:** mostra uma janela de informações sobre o elemento clicado no mapa;
- **Imprimir mapa:** abre uma janela com as opções de impressão. Além de impressão, há também a possibilidade de salvar o mapa nos formatos *PNG*, *JPEG*, *PDF* e *GIF*;
- **Enviar link:** possibilita que um e-mail seja automaticamente enviado a um destinatário qualquer. O corpo do e-mail contém um *link* que possibilita que o destinatário, ao clicá-lo, seja encaminhado à mesma visão do mapa que o remetente tinha no momento do envio;
- **Régua:** ao clicar neste botão uma pequena janela aparecerá para mostrar ao usuário a distância medida. Para efetuar a medição basta apenas efetuar cliques sobre o mapa. Simultaneamente duas coletas serão feitas: distância por trecho e distância total;
- **Função interpolação:** habilita a função interpolação (melhor descrito na Seção 5.5);
- **Miniatura do mapa:** visualiza/oculta o mini-mapa da região;
- **Indicador do norte:** apenas para orientação geográfica. Não é um botão;
- **Visão inicial:** ao clicar neste botão o mapa será atualizado para a escala original, ou seja, para a mesma escala de quando o sistema foi inicializado;
- **Zoom na seleção:** possibilita que se delimite uma área do mapa e esta seja ampliada;
- **Zoom mais:** aproxima da região clicada no mapa;
- **Barra de controle do nível do zoom:** possibilita o acompanhamento do nível do *zoom*;
- **Zoom menos:** afasta da região clicada no mapa.

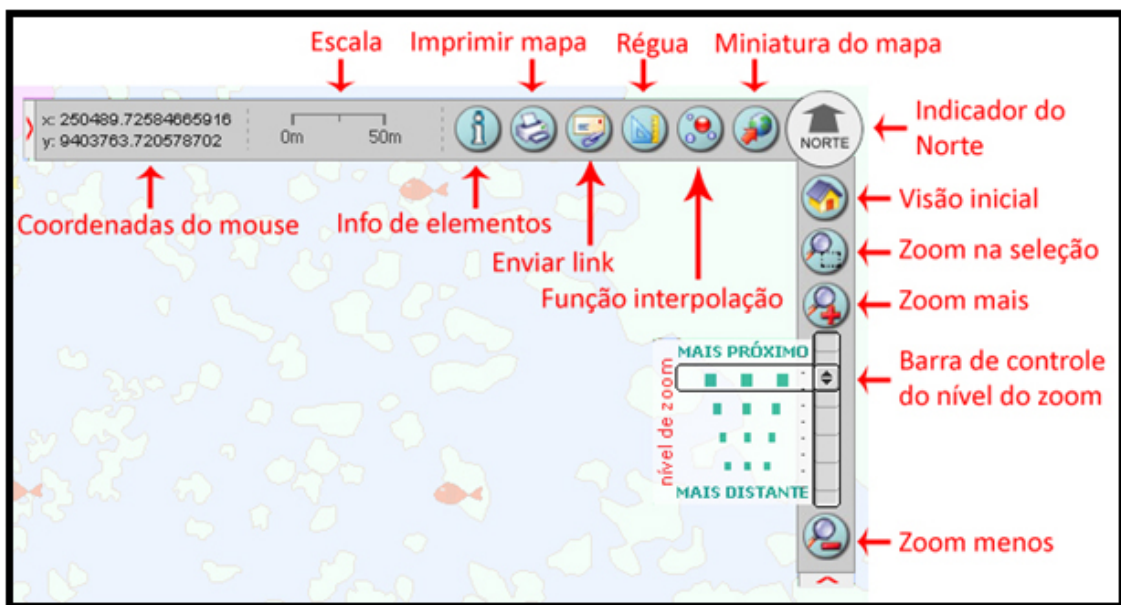


Figura 5.9: Barra de ferramentas

5.2.3 Diagrama de seqüência

Como forma de melhor exemplificar ao leitor as interligações entre as telas e os componentes, o diagrama de seqüência (simplificado), ilustrado na Figura 5.10, expõe as seqüências de ações que ocorreriam caso um usuário (biólogo) entrasse novamente no sistema (mapa já guardado em *cache*), desejasse aproximar o mapa na região dos corais, em seguida habilitasse o mapa em miniatura e, por fim, ele desejasse medir a distância entre dois pontos no mapa.

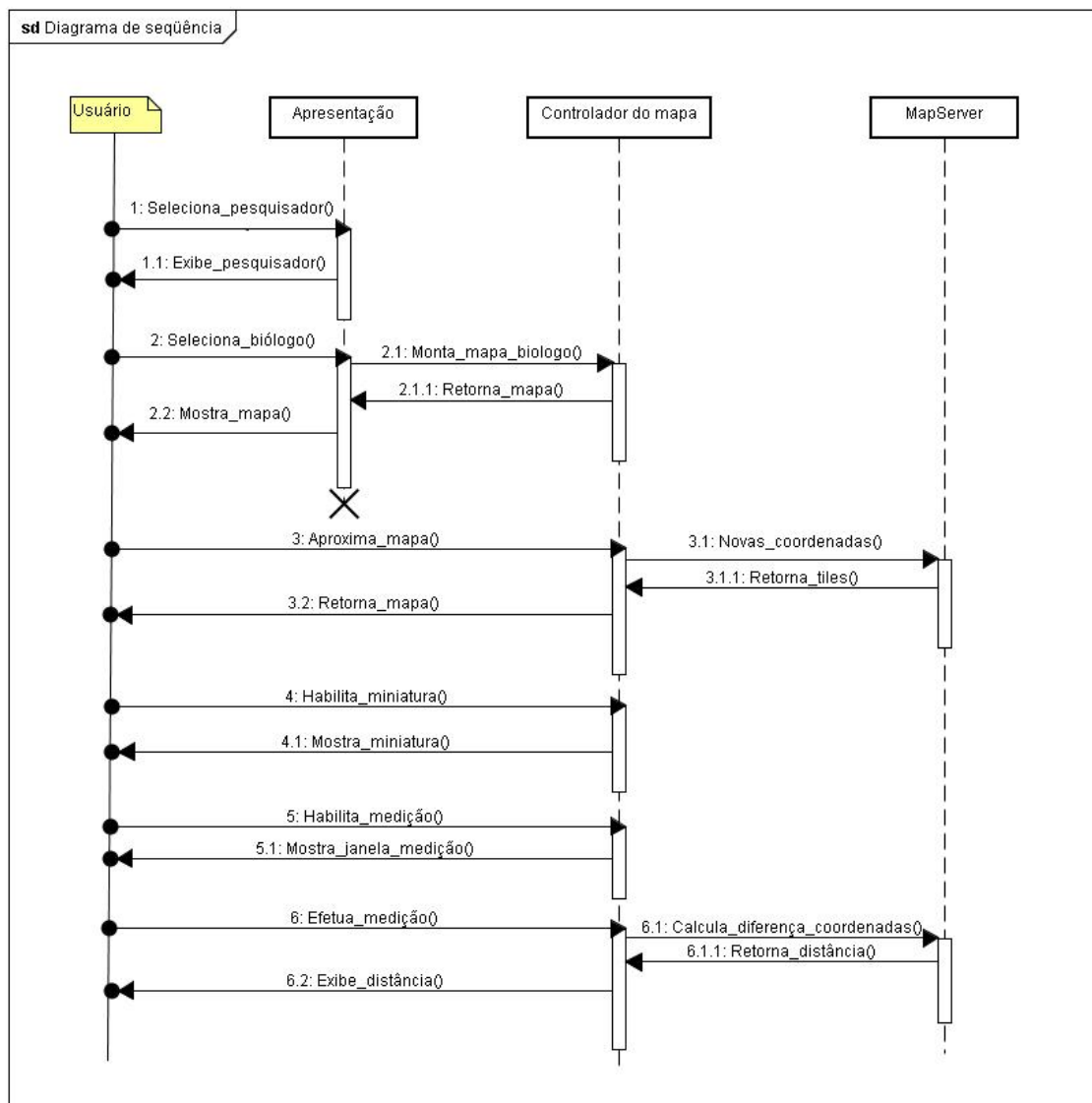


Figura 5.10: Diagrama de seqüência

5.3 Implementação do módulo perfil

Para a implementação dos acessos por meio de perfis, usamos dados obtidos por biólogos e geólogos. Tais dados podem, também, ser utilizados por outros perfis, como: turista, pescador, gestor etc. e são úteis para se ter, desde já, uma visão de alguns acontecimentos da região, além de servirem como base inicial para que outros dados sejam visualizados. Assim, foi realizado um estudo de classificação dos dados para se ter uma associação destes aos perfis. A Figura 5.11 ilustra como os dados foram agrupados em arquivo *shapefile*.

A implementação do mecanismo de acesso às informações através de perfis é, basicamente, feita através de dois conceitos: associação de *mapfiles* aos perfis e configuração interna do arquivo *mapfile*.

A associação de *mapfiles* aos perfis é realizada dinamicamente, no momento da seleção do usuário ao perfil desejado. Um arquivo *mapfile*, previamente criado, contém as descrições de configuração de cada camada a ser mostrada ao perfil selecionado. Assim, temos os seguintes arquivos pré-configurados no servidor:

- natalgis_sist_biologo.map;
- natalgis_sist_geologo.map;
- natalgis_sist_comunidade_pesca.map;
- natalgis_sist_gestor_desgaste.map;
- natalgis_sist_turista.map;
- natalgis_sist_turista_corais.map;
- natalgis_sist_turista_nitidez.map;
- natalgis_sist_turista_peixes.map.

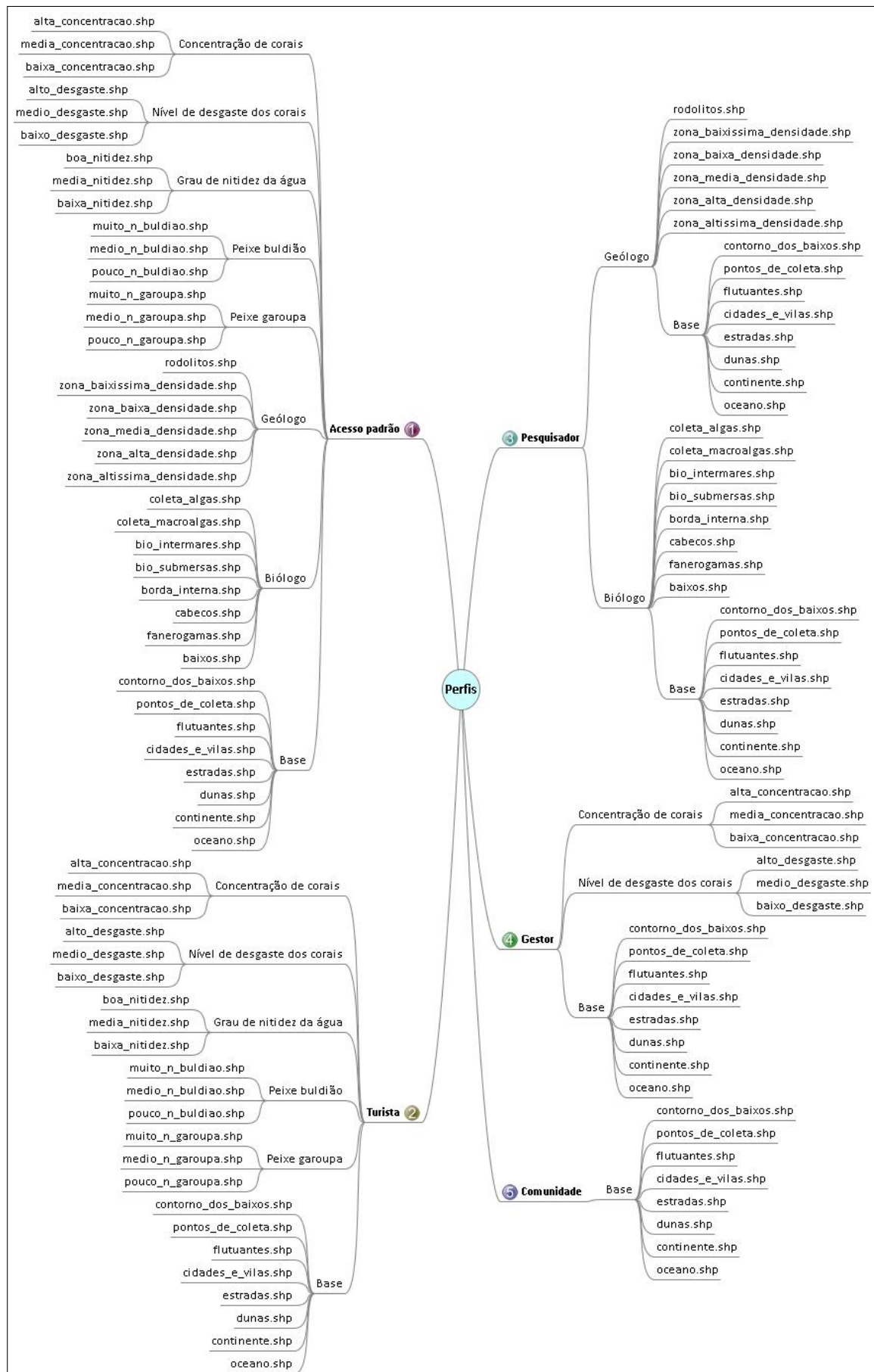


Figura 5.11: Perfis e shapefiles associados

Quanto à configuração interna do arquivo *mapfile*, tal mecanismo faz com que os atributos de cada plano de informação sejam devidamente descritos e agrupados, de acordo com certas características comuns. Este agrupamento pode ser visto no Trecho de Código¹ 5.1, *linhas 9 e 15* (grupo de *shapefiles* básicos, como: oceano, continente, vilas, localização dos flutuantes etc.); e 23, 29 e 36 (grupo biólogos):

Trecho de Código 5.1: Parte do código do arquivo *natalgis_sist_biologo.map*

```
1 NAME NATALGIS
2 STATUS ON
3 EXTENT 229213 9399194 261686 9411467
4 { ... }
5
6     LAYER
7         NAME "Oceano"
8         STATUS ON
9         GROUP "Base"
10        { ... }
11    END
12    LAYER
13        NAME "Continente"
14        STATUS ON
15        GROUP "Base"
16        { ... }
17    END
18
19    #GRUPO BIOLOGO
20    LAYER
21        NAME "Baixos"
22        STATUS ON
23        GROUP "Biologo"
24        { ... }
25    END
26    LAYER
27        NAME "Fanerogamas"
28        STATUS ON
29        GROUP "Biologo"
30        { ... }
31    END
32
33    LAYER
```

¹OBS: O trecho de código apresentado é apenas uma simplificação. Algumas linhas de código foram omitidas para facilitar o entendimento.

```
34         NAME "borda_interna"  
35         STATUS ON  
36         GROUP "Biologo"  
37         { ... }  
38     END  
39 END
```

5.4 Implementação do módulo *up-load*

A fim de facilitar a leitura desta seção, ela será decomposta na seguinte maneira: inicialmente será apresentado o diagrama de classe que envolve o cadastro do usuário; em seguida será apresentado o esquema de criação do *login*, ou seja, cadastro do usuário; logo após, será mostrado um trecho de código-fonte que representa o mecanismo de criação dos arquivos *mapfiles*; na seqüência, as formas de envio de dados do usuário ao servidor serão mostradas; e, por fim, será posto em discussão o processo de remoção de tabelas.

5.4.1 Diagrama de classe relacionado ao cadastro dos usuários

Um esquema conceitual do Banco de dados pode ser visto no diagrama ilustrado na Figura 5.12. Nele, pode-se observar que há uma tabela para armazenar o histórico de acesso. Tal tabela armazena todo o histórico de acesso dos usuários ao sistema e irá permitir o uso de agentes em um outro projeto² relacionado com esta Tese.

5.4.2 Esquema de criação do *login*

O processo de criação do *login* permite que o usuário tenha acesso ao painel de comando do sistema. Isso possibilita que o usuário envie/altere/remova alguns dados contidos no servidor. Cabe aqui, mais uma vez, ressaltar que esta permissão tem escopo apenas nos dados que ao usuário pertencem. Sendo assim, ele não está livre para remover dados internos do sistema, quais sejam.

A Figura 5.13 ilustra o formulário de cadastro que é apresentado ao usuário quando o mesmo seleciona a opção **cadastrar usuário** da Figura 5.4.

²Tese de doutorado que está sendo desenvolvida por Xavier Júnior, do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica e de Computação, UFRN.

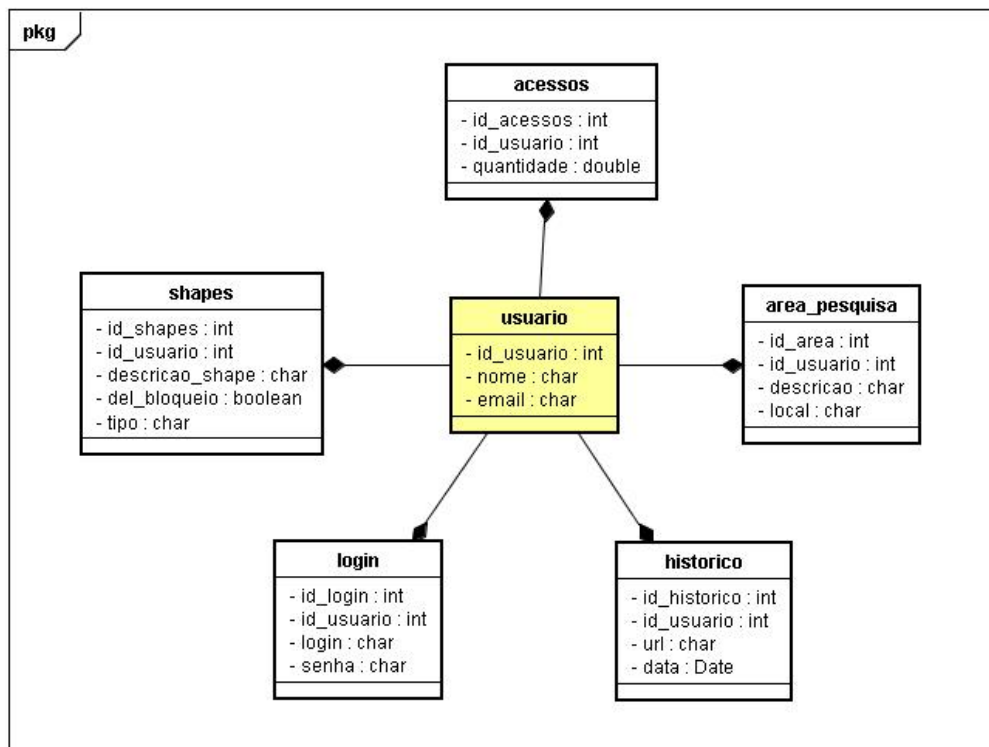


Figura 5.12: Esquema das tabelas relacionadas ao cadastro do usuário

Login NATALGIS

Cadastro de usuário

nome: email: *

instituição vinculada: área de pesquisa: *

login: * senha: * repita a senha: *

Camadas padrão

Caro usuário, as seguintes camadas são recomendadas para serem utilizadas com o seu perfil:

<input checked="" type="checkbox"/> oceano	<input checked="" type="checkbox"/> continente	<input checked="" type="checkbox"/> dunas
<input type="checkbox"/> estradas	<input type="checkbox"/> cidades	<input type="checkbox"/> vilas
<input type="checkbox"/> flutuantes	<input checked="" type="checkbox"/> contorno dos baixos	<input checked="" type="checkbox"/> fanerogamas

Figura 5.13: Formulário para cadastro de usuário

5.4.3 Esquema de criação do arquivo *mapfile*

Como já dito anteriormente, foi implementado o conceito de múltiplos *mapfiles*, o qual associa um *login* a um arquivo *mapfile*. Esta associação é gerenciada pelo banco de dados, onde uma tabela específica armazena dados dos usuários, inclusive qual *mapfile* é vinculado a ele. Cabe observar que cada *login* está vinculado a um arquivo *mapfile* (semelhante ao processo de perfis pré-estabelecidos).

O arquivo *mapfile* associado a cada *login* é feito dinamicamente, no momento da criação do *login* (ao contrário do acesso puramente por perfil, o qual possui os *mapfiles* já pré-configurados no servidor). Assim, para a criação de cada *mapfile* utilizou-se conceitos de escrita em arquivos do próprio *PHP*. Isso é feito de acordo com os seguintes passos (ver também o Trecho de Código³ 5.2):

1. Uma variável *\$arquivo* é criada para receber o caminho que aponta ao arquivo a ser criado (ver *linha 2* do Trecho de Código 5.2). Observa-se que a variável *\$login* contém o *login* que o usuário inseriu no formulário de cadastro;
2. Em seguida, a função *fopen* do *PHP* cria o arquivo *mapfile* (ver *linha 3* do Trecho de Código 5.2);
3. Uma outra variável é criada para armazenar a estrutura geral do arquivo *mapfile*, como: nome do projeto, extensões, tamanho, descrição da legenda, descrição da barra de escala etc. (ver *linha 5* do Trecho de Código 5.2);
4. Uma variável é criada para armazenar a estrutura que será formada para representar os *layers* (ver *linha 62* do Trecho de Código 5.2);
5. Uma variável chamada *\$conteúdo* (ver *linha 91*) faz a junção da variável *\$cabecalho* com as variáveis *\$corpo* e *\$rodape*.
6. A função *fwrite* do *PHP* salva arquivo *mapfile* (ver *linha 92* do Trecho de Código 5.2).
7. Por fim, as *linhas 97 e 98* executam o *script* que faz remoção dos arquivos temporários que já foram gerados (dados em *cache*).

Trecho de Código 5.2: Parte do código que cria o arquivo *mapfile*

```
1 //cria um arquivo para receber o conteudo do mapfile
2 $arquivo="map/natalgis_". $login . ".map";
3 $fp = fopen($arquivo, "w+");
4 //cria a variavel cabecalho que recebera a parte de configuracao geral
  do mapfile
```

³OBS: O trecho de código apresentado é apenas uma simplificação. Algumas linhas de código foram omitidas para facilitar o entendimento.

```
5 $cabecalho='
6     # ARQUIVO .MAP GERADO DINAMICAMENTE BY NATALGIS
7     NAME NATALGIS
8     STATUS ON
9     EXTENT 229213 9399194 261686 9411467
10    SIZE 400 300
11    UNITS METERS
12    IMAGECOLOR 255 255 255
13    SHAPEPATH "../data"
14    SYMBOLSET "../etc/symbols.sym"
15    FONTSET "../etc/fonts.txt"
16
17    WEB
18        IMAGEPATH "/ms4w/tmp/ms_tmp/"
19        IMAGEURL "/ms_tmp/"
20    END
21
22    REFERENCE
23        IMAGE ../data/miniatura.gif
24        EXTENT 229213 9399194 261686 9411467
25        STATUS ON
26        COLOR -1 -1 -1
27        OUTLINECOLOR 255 0 0
28        SIZE 150 74
29    END
30
31    LEGEND
32        KEYSIZE 18 12
33        LABEL
34            TYPE BITMAP
35            SIZE MEDIUM
36            COLOR 0 0 89
37        END
38        STATUS ON
39    END
40
41    SCALEBAR
42        IMAGECOLOR 255 255 255
43        LABEL
44            COLOR 0 0 0
45            SIZE SMALL
46        END
47        SIZE 150 5
```

```

48         COLOR 255 255 255
49         BACKGROUND_COLOR 0 0 0
50         OUTLINE_COLOR 0 0 0
51         UNITS kilometers
52         INTERVALS 5
53         STATUS ON
54     END
55
56     QUERYMAP
57         STYLE HILITE
58         COLOR 255 0 0
59     END
60 ';
61 //cria variavel $corpo para receber a descricao de cada layer a ser
        associado ao perfil
62 $corpo="";
63 for ($i=0;$i<$ncamadas;$i++){
64     $corpo.="
65     # layer abaixo inserido automaticamente pelo NATALGIS
66     LAYER
67         NAME "'. $nomeShape.'"
68         STATUS ON
69         GROUP "'. $grupo_layer.'"
70         DATA "the_geom from (select * from '. $nomeShape.') as
                foo using unique gid using srid=32725"
71         TYPE POINT
72         CONNECTIONTYPE POSTGIS
73         CONNECTION "user=postgres password=postgres dbname=
                BD_Maracajau host=localhost port=5432"
74         METADATA
75             QUERYABLE "'. $consultavel.'"
76         END
77         CLASS
78             NAME "'. $tabela.'"
79             COLOR '. $corp.'
80             OUTLINE_COLOR '. $corb.'"
81             SYMBOL "'. $simbolo_layer.'"
82             SIZE '. $simbolo_tamanho.'"
83             TEMPLATE "templates/parks.html"
84         END
85     END #end_layer
86     ";
87 }

```

```
88 $rodape= "END # Map File";
89
90 //escreve no arquivo
91 $conteudo=$cabecalho . $corpo . $rodape;
92 $escreve = fwrite($fp, $conteudo);
93 //fecha o arquivo
94 fclose($fp);
95
96 //executa o script para remover os arquivos da cache
97 $cmd = limpa_cache_natalgis;
98 $teste=exec($cmd, $output);
```

5.4.4 Inserção de dados

Após o cadastro ter sido efetuado e aprovado, o usuário está habilitado a realizar manipulações mais restritas. Uma dessas operações é a inserção de dados no sistema, que pode ser feita de forma dinâmica pelo próprio usuário (diferentemente de outros sistemas). As possíveis formas de inserção são:

1. Inserção por *shapefiles* ou imagem *raster*;
2. Inserção de pontos no mapa a partir de uma nova tabela;
3. Inserção de pontos no mapa em uma tabela já existente;
4. Inserção a partir de arquivo com pontos.

Inserção por *shapefiles* ou imagem *raster*

Nesta primeira opção, tem-se a possibilidade de inserção de *shapefiles* ou até mesmo de imagens em formato *raster*. Cabe ressaltar que foi utilizado o formato *shapefile* por ser ele um padrão de extensão amplamente utilizado na maioria dos sistemas geográficos. Theobald [Theobald 2001] conceitua o formato *shapefile* como:

"Uma vantagem preliminar dos shapefiles é que esta simples estrutura de arquivo desenha mais rápido do que uma cobertura. Isto pode ser a razão que fez com que a estrutura de dados shapefile fosse desenvolvida para o SIG ArcView, um sistema que foi originalmente projetado para a visualização dos dados, ao invés das análises. Além do mais, os shapefiles podem facilmente serem copiados e não requerem importações ou exportações como os arquivos no formato .e00. A especificação shapefile está amplamente disponível e há inúmeros softwares que suportam este formato. Estas razões

contribuíram para colocar o formato shapefile como o principal padrão de transferência de dados geográficos."

Para enviar os arquivos *shapefile* em nosso sistema, é necessário que, primeiramente, se defina como eles serão representados graficamente (ver Figura 5.14). Para isto, alguns atributos devem ser inseridos pelo usuário, como: nome da camada; nome do grupo; tipo do objeto (ponto, polígono, imagem *raster* etc.); símbolo para representação (quadrado, círculo, triângulo etc.); srid; cores de preenchimento e de borda. Após, realiza-se o *upload* dos arquivos *shapefile*.

É importante ressaltar que cada *shapefile* consiste em, no mínimo, três arquivos: *shapefile.shp*, *shapefile.shx* e *shapefile.dbf*. Este último é o elemento do *shapefile* que armazena as informações em uma tabela no formato *dBASE* (um *shapefile* pode conter somente uma única tabela). Os outros dois arquivos (*shapefile.shp* e *shapefile.shx*) contêm dados sobre as características geométricas [Lin & Ludäscher 2003].

Após o usuário ter enviado os *shapefiles* ao servidor, um *script* (desenvolvido por nós) é executado automaticamente para inserí-los no banco de dados geográficos. Uma parte do código deste *script* pode ser visualizada no Trecho de Código 5.3. Pode-se observar na linha 3 o processo de conversão do arquivo *shapefile* em uma tabela do banco de dados *PostgreSQL*.

Trecho de Código 5.3: Parte do código para conversão de um *shapefile* para uma tabela do banco de dados

```

1 { ... }
2 // converter o shapefile para uma tabela no banco de dados
3 $cmd = shp2pgsql ." -s " . $srid_layer ." " . $nome_arquivo ." " . $login .
      $nome_sem_extensao ." > " . $nome_com_extensao_sql ;
4 exec ($cmd) ;
5
6 /*
7 Onde:
8 $srid_layer -> srid passado da região
9 $nome_arquivo -> nome do arquivo de entrada. Exemplo: shapefile.shp
10 $login -> parte inicial do nome da tabela a ser criada no banco de
      dados .
11 $nome_sem_extensao -> parte final do nome da tabela a ser criada (sem a
      extensão .SHP do arquivo de entrada. Exemplo: shapefile)
12 $nome_com_extensao_sql -> nome do arquivo de saída (com a extensão .SQL
      . Exemplo: shapefile.sql)
13
14 EXEMPLO GERAL em tempo de execução:

```

```
15 $cmd = shp2pgsql -s 32725 maracajau.shp fulano_maracajau > maracajau.  
    sql;  
16 */  
17  
18 { ... }
```

Painel de comando NATALGIS

MÓDULO: INSERÇÃO DE DADOS

PASSO 1: LER AS SEGUINTE INSTRUÇÕES
Para se enviar arquivos shapefiles ou geotiff é necessário primeiramente preencher os atributos que se seguem. Estes campos servirão para descrever a forma na qual o arquivo será visualizado. Após o preenchimento dos dados(PASSO 2), serão mostrados novos campos(PASSO3) para que se possa enviar os arquivos.

PASSO 2: PERSONALIZAR CAMADA

nome da camada: nome do grupo: (digite sem espaço)

tipo do objeto: srid

símbolo para representação: cor de preenchimento

camada consultável cor da borda:

- Ir ao passo 3 -

PASSO 3: ENVIAR O ARQUIVO COM OS PONTOS
Nesse passo, você deve enviar o arquivo que contém os pontos.

ARQ.1: Extensão .dbf

ARQ.2: Extensão .shx

ARQ.3: Extensão .shp

Figura 5.14: Painel de comando (envio de *shapefiles*)

Para inserir imagens em formato *raster*, os procedimentos de inserção são semelhantes, diferenciando apenas em algumas definições de atributos e no *upload* de somente um arquivo em formato *geotiff*.

Inserção de pontos no mapa a partir de uma nova tabela

Nesta opção, o usuário pode inserir pontos no próprio mapa a partir de uma nova tabela. Assim, antes da inserção dos pontos é necessário que haja a criação de uma tabela no banco de dados. A criação desta tabela é feita dinamicamente pelo usuário, por meio da definição de atributos, como: nome da tabela; nome do grupo; símbolo para representação (quadrado, círculo, triângulo etc.); cores de preenchimento e da borda. Neste mesmo formulário também é possível definir novas colunas, seus respectivos tipos de dados (inteiro, texto, numérico etc.) e seus tamanhos.

É importante observar que, tanto na forma de inserção detalhada na subseção anterior quanto na detalhada nesta, além de se inserir dados no banco de dados, são também realizadas instruções para a elaboração do arquivo *mapfile* com as características de representação (cor de preenchimento etc.) e nome da tabela de acordo com os dados passados pelo usuário.

Um outro ponto importante a ser destacado é que, como já dito anteriormente, o *MapServer* utiliza *cache* para armazenar os dados transmitidos na sessão dos usuários de forma a otimizar o fluxo de informações cliente \times servidor. A utilização deste mecanismo normalmente impede que novas alterações no mapa sejam representadas instantaneamente, uma vez que o sistema busca na *cache* os dados previamente transmitidos. Sendo assim, é necessário que haja um mecanismo que limpe a *cache* da sessão, permitindo, então, que as inserções no mapa sejam exibidas. Para isso o sistema conta com um *script* que limpa a *cache*.

Inserção de pontos no mapa em uma tabela já existente

Com relação a este item, tem-se a inserção apenas dos pontos em uma tabela já existente. Os procedimentos de inserção de pontos seguem os já abordados no item anterior. É importante destacar que, como já há uma tabela correspondente e um *mapfile* a ela associado, qualquer inserção é realizada apenas na tabela e não mais no *mapfile*, já que este contém apenas a representação da tabela e não os dados em si.

Inserção a partir de arquivo com pontos

Por fim, nesta opção é possível a inserção de pontos por meio de um arquivo. Esta função é de extrema importância, pois permite que o usuário, por meio um conjunto de tuplas dispostas em um arquivo, possa adicioná-las de uma só vez no banco de dados, sem o intermédio de *softwares* que gerem *shapefiles*. Com efeito, o usuário, após selecionar o arquivo, realiza o *upload*, inserindo-o automaticamente na tabela correspondente no

banco de dados. A extensão do arquivo é *.txt* e o formato a ser seguido no arquivo é dado por: Coordenadas X, Coordenadas Y, atributo Z, atributo W etc.

5.4.5 Remoção de tabelas

O sistema também dispõe de mecanismos de alteração e remoção de pontos e tabelas. Isso é feito por meio da leitura de arquivos em *PHP*, possibilitando que, por exemplo, após a remoção de uma determinada tabela, o sistema altere o arquivo *mapfile*, removendo o trecho de código referente à tabela excluída (ver Figura 5.15).

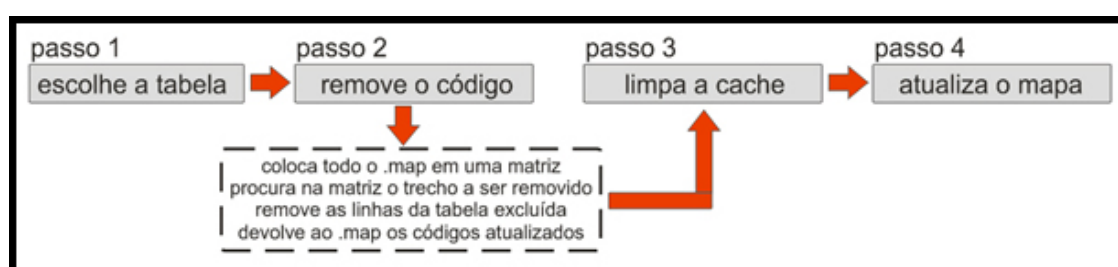


Figura 5.15: Processo de remoção de camadas

Ao fim da implementação dos mecanismos citados, pode-se observar que o sistema se tornou bastante eficiente quanto às exigências de integração de informações coletadas, uma vez que possibilita, por exemplo, que um usuário desconhecido, que esteja realizando uma pesquisa na região, possa entrar com outros dados. Tais informações podem ser visualizadas somente por ele ou por outros usuários, uma vez que o sistema também possui mecanismos de marcação de dados em públicos ou privados. Um outro mecanismo que auxilia a análise de dados é o da interpolação, tratado a seguir.

5.5 Implementação do módulo interpolação

Quando se dispõe de um grande número de observações, torna-se extremamente difícil a sua compreensão pela simples leitura dos valores colocados em tabelas. Enquanto não organizados numericamente, os dados são considerados brutos [Zimback 2003]. Há necessidade, portanto, de organizá-los, seja por seleção, agrupamento ou divisão proporcional, a fim de que, após resumidos, possam ser facilmente manuseados. Para isso, o uso de métodos de interpolação é indicado.

Uma das aplicações que podem ser efetuadas com esta proposta de uso de múltiplos *mapfiles* é usar interpolação de dados em ambientes de recifes de corais. Para tal, im-

plementamos, então, um módulo de interpolação de dados *on-line*. Basicamente, pode-se dividir o funcionamento total do módulo em 4 fases, como mostra a Figura 5.16.

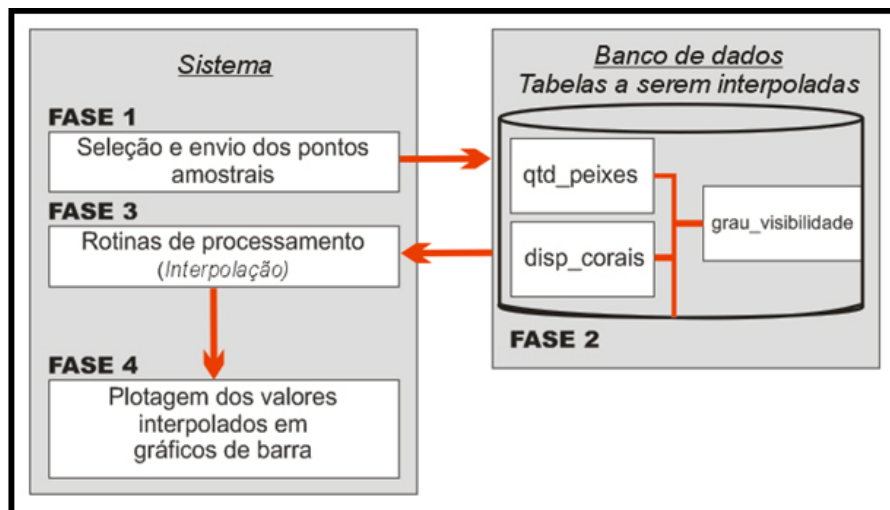


Figura 5.16: Fases de execução do sistema

5.5.1 Filtragem e captura (fase 1)

Estão contidos nesta fase os processos de filtragem e captura dos pontos amostrais que serão utilizados na interpolação. A filtragem ocorre quando o usuário requisita a execução da ferramenta de interpolação. Após uma análise realizada automaticamente pelo sistema, somente os pontos amostrais que estejam contidos no campo de visão atual do usuário são passados para serem interpolados.

Essa operação é estritamente necessária e incrementa a performance do processamento total quando se é solicitado para interpolar dados em uma escala muito pequena, pois o universo de pontos que se trabalha é conseqüentemente menor.

Após a filtragem da área desejada, é feita a pesquisa das camadas que podem ser interpoladas. Como exemplo, o Trecho de Código 5.4 mostra a consulta *SQL* feita ao banco de dados. O retorno desta consulta é um conjunto de pontos (representados em uma matriz) que contém dados sobre a localização geográfica, nome/código da espécie e a quantidade dos peixes da região.

Trecho de Código 5.4: Consulta dos peixes na região filtrada

```
1 $$SQL="SELECT AsText(the_geom) AS geom, nome_espec, cod_especi,
    concentrac FROM qtd_peixes WHERE the_geom && SetSRID('BOX3D('.$x1."
    ".$y1.", ".$x2." ".$y2.")'::box3d, 32725)";
```

Onde: - **AsText** converte a geometria resultante da consulta, por exemplo: *0101000020D57F0000C782F9B81F770E41F9DCCCF5DBEF6141*, em um par de coordenadas *UTM*, por exemplo: *POINT(249571.965319654 9404127.68125771)*;

- **BOX3D** serve como o filtro. Possui valores de acordo com a área de visualização do usuário;

- **\$x1 e \$y1** são as coordenadas do canto inferior esquerdo do campo de visualização;

- **\$x2 e \$y2** são as coordenadas do canto superior direito.

5.5.2 Buscando dados (fase 2)

Após o sistema ter conhecimento de quais pontos serão utilizados para a interpolação, é necessário que haja uma busca ao banco de dados sobre os dados mais específicos armazenados. Logo, após a redução de informações devido ao filtro da *fase 1*, é realizada uma consulta simultânea, às 3 entidades relacionadas e armazenadas no banco de dados, são elas, no caso de um exemplo específico: grau-visibilidade, disp-corais e qtd-peixes.

Cabe, aqui, observar que essas três entidades foram criadas apenas como exemplo específico do uso de interpoladores. Caso haja a necessidades de outras entidades, elas podem ser criadas (à medida em que o banco for populado).

A entidade *grau-visibilidade* é utilizada para armazenar o grau de visibilidade de certos pontos na região dos corais. Esta variável visibilidade pode estar associada a, no mínimo, dois fatores: profundidade e correnteza. Com efeito, temos variações constantes de nitidez da água ao longo da área de estudo. É importante que esses dados sejam representados e interpolados para que, por exemplo, possa ser fornecido ao turista uma noção do melhor local para a prática do mergulho.

Os valores que esses pontos amostrais podem assumir estão no intervalo de 0 a 10, como mostrado no Trecho de Código 5.5.

Trecho de Código 5.5: Valores da entidade grau-visibilidade

```
1 grau = new Array("0->Muito turva","1->Muito turva","2->Turva","3->Turva",
  "4->Turva","5->Nítida","6->Nítida","7->Nítida","8->Muito nítida",
  "9->Muito nítida","10->Super nítida");
```

Já a entidade *disp-corais* é utilizada para armazenar a concentração de corais em certos pontos. Como na região em estudo a dispersão dos corais é relativamente acentuada, temos áreas que há uma concentração elevada de corais e outras sem tantos corais. Assim, pode-se observar a importância de se representar a dispersão dos corais através de interpoladores, já que esta técnica possibilita uma comparativa visual dos: valores amostrais

colhidos em campo e devidamente interpolados com as informações obtidas a partir do mapeamento aéreo.

Outro dado associado ao *disp-corais* é o nível de desgaste dos corais. Por meio de coletas *in-loco* e através do uso de interpoladores, pode-se visualizar, no mapa, a região que há um maior nível de desgaste dos corais, além de se poder trabalhar com relações históricas do avanço/redução das degradações. Diante disso, os dados associados à quantidade de corais e ao nível de desgaste de certas regiões de corais podem assumir valores que vão de 0 a 10, como pode ser visto nos Trechos de Código 5.6 e 5.7.

Trecho de Código 5.6: Valores da entidade *disp-corais* (concentração dos corais)

```
1 concentracao = new Array("0->nenhum", "1->Muito pouco", "2->Muito pouco",  
    "3->Pouco", "4->Pouco", "5->Médio", "6->Médio", "7->Médio", "8->Muito",  
    "9->Muito", "10->Concentrado");
```

Trecho de Código 5.7: Valores da entidade *disp-corais* (nível do desgaste dos corais)

```
1 desgaste = new Array("0->Muito acentuado", "1->Muito acentuado", "2->  
    Acentuado", "3->Acentuado", "4->Acentuado", "5->Pouco", "6->Pouco", "7->  
    Em bom estado", "8->Em bom estado", "9->Em bom estado", "10->Em ótimo  
    estado");
```

Por fim, a entidade *qtd-peixes* é utilizada para armazenar a concentração de espécies de peixes em certos pontos. É certo que os peixes não possuem locais fixos de *habitat*, porém temos, na região de estudo, uma maior frequência do aparecimento de determinadas espécies associadas a um local específico da área total. Assim, observou-se que, a partir de amostras, o *habitat* mais provável de cada espécie poderia ser representado.

Assim, à medida que o banco de dados seja “povoado” com dados sobre a localização de certas espécies de peixes, uma estimativa mais precisa sobre o *habitat* de algumas espécies poderá ser feita através de interpoladores. Isso auxiliará a comunidade científica no estudo das transformações territoriais que se vem verificando ao passar do tempo na região e o turismo, uma vez que se poderá conhecer previamente as espécies presente nos Corais de Maracajaú, bem como sua concentração e local. Essa entidade também pode assumir valores de 0 a 10, variando de pouca concentração de peixe a alta concentração, como visto no Trecho de Código 5.8.

Trecho de Código 5.8: Valores da entidade *qtd-peixes*

```
1 concentracao = new Array("0->nenhum", "1->Muito pouco", "2->Muito pouco",  
    "3->Pouco", "4->Pouco", "5->Médio", "6->Médio", "7->Médio", "8->Muito",  
    "9->Muito", "10->Concentrado");
```

5.5.3 Interpolação (fase 3)

Esta fase implementa os conceitos de interpolação pelo método *IDW*. Tomando como exemplo a tabela sobre a nitidez da água (*grau-visibility*), temos nela três sub-fases, descritas a seguir.

Obtenção da distância (subfase 3.1)

Obter a distância, em módulo, de cada ponto amostrado em relação ao local indicado pelo ponteiro do *mouse*. Para isso utilizamos, como métrica para medida da distância, a dada pelo teorema de *Pitágoras* (ver Equação 4.2). A implementação pode ser vista no Trecho de Código 5.9.

Trecho de Código 5.9: Uso de Pitágoras para calcular a distância entre dois pontos

```

1 distx=Math.abs(mnitidez[i+1]-cmouseX); //valor da distância longitudinal
2 disty=Math.abs(mnitidez[i+2]-cmouseY); //valor da distância latitudinal
3 listaDist.push(Math.sqrt(Math.pow(distx,2) + Math.pow(disty,2))); //
    Pitágoras

```

Ordenação das distâncias (subfase 3.2)

Ordenar as distâncias em ordem decrescente. Para isso, apenas por razão de simplicidade, utilizamos o método da bolha (*bubble sort*), como visto no Trecho de Código 5.10.

Trecho de Código 5.10: Método de ordenação *buble sort*

```

1 function bubbleSort(inputArray , listaE ) {
2   var inicio=0;
3   var rest=inputArray.length-1;
4   for (var i = rest - 1; i >= inicio; i--) {
5     for (var j = inicio; j <= i; j++) {
6       if (inputArray[j+1] < inputArray[j]) {
7         var tempValue = inputArray[j];
8         inputArray[j] = inputArray[j+1];
9         inputArray[j+1] = tempValue;
10
11   /* O valor amostral dos elementos também devem ser trocados de posição
12     junto com o ordenamento das distâncias para não se perder a relação
13     valor x coordenadas do ponto. Seguem então os códigos para as
14     inversões:*/
15     var tempValueE = listaE[j];

```

```

13         listaE [ j ] = listaE [ j + 1 ];
14         listaE [ j + 1 ] = tempValueE ;
15     }
16 }
17 }
18 inputArray . length = 3 ;
19 listaE . length = 3 ;
20 return [ listaE , inputArray ] ;
21 }

```

onde **inputArray** é a matriz das distâncias e **listaE** é a matriz dos valores de cada ponto.

Determinando a influência dos dados (subfase 3.3)

Após a obtenção da matriz das distâncias ordenada decrescentemente, deve-se, então, calcular o grau de influência de cada ponto sobre o local que o usuário deseja efetuar a estimativa (ver Figura 4.4 e Equação 4.3). Para isso, usamos apenas os três primeiros pontos da lista (ver Trecho de Código 5.11), por uma questão de otimização, já que estudos revelaram que a utilização de todos os pontos coletados teria uma melhoria imperceptível no valor resultante do cálculo amostral.

Trecho de Código 5.11: Obtenção do grau de influência de cada ponto

```

1 Elementos = listaEX [ 0 ] ;
2 Distancias = listaEX [ 1 ] ;
3 totalSuperior = 0 ;
4 totalInferior = 0 ;
5 for ( var x = 0 ; x < 3 ; x ++ ) {
6     totalSuperior += Elementos [ x ] / Math . pow ( Distancias [ x ] , 2 ) ;
7     totalInferior += 1 / Math . pow ( Distancias [ x ] , 2 ) ;
8 }
9 total = totalSuperior / totalInferior ;

```

Onde: **listaEX** é a matriz de retorno da função de ordenamento *bubble sort* (ver linha 20 do Trecho de Código 5.10)

5.5.4 Visualizando o valor estimado (fase 4)

A fase final da interpolação é responsável por mostrar ao usuário o valor estimado de cada ponto selecionado por ele. Para que a visualização desses valores se desse de uma maneira mais eficiente, preferimos a visualização em gráficos de barras (ver *indicador 1* na Figura 5.17). Ao todo são 3 conjuntos de gráficos que se relacionam com as tabelas

apresentadas. De acordo com a Figura 5.18, observa-se que no primeiro conjunto (grupo dos gráficos de Peixe) pode-se ter mais sub-gráficos, variando a quantidade de acordo com o número de espécies estudadas na região.



Figura 5.17: Tela com o módulo da interpolação habilitado

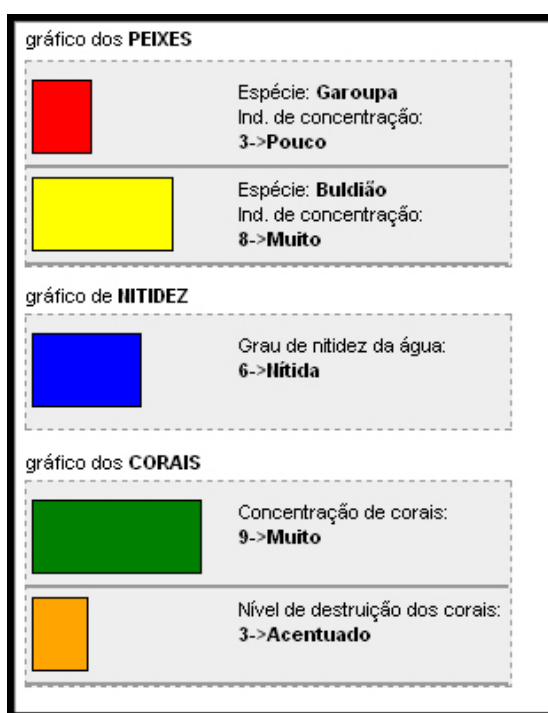


Figura 5.18: Gráfico em barras de acordo com um ponto clicado no mapa

Capítulo 6

Experimentos e Resultados

Com o intuito de validar o sistema, a metodologia e as ferramentas propostas, realizamos vários experimentos ao longo de todos os estudos envolvidos no escopo desta pesquisa. Primeiramente, foi necessário montar uma base de dados geográficos, obtidos da área em estudo. Para tal, realizamos aquisição de dados a partir de vários procedimentos. Uma das primeiras dessas atividades foi a coleta de imagens subaquáticas da área de estudo (*in-loco*), visando auxiliar a análise de parâmetros como quantidade de peixes, nitidez da água, e nível de degradação dos recifes de corais entre outras variáveis. Logo após, realizamos experimentos relacionados com a aquisição de imagens aéreas e sua inserção no sistema. Por fim, fizemos experimentos relacionados com aspectos de usabilidade envolvidos na utilização do sistema proposto nesta Tese, como a utilização de perfis de usuários e testes com a ferramenta de interpolação *on-line*. Esses últimos foram possíveis de implementar graças à nossa proposta de mudança sobre o paradigma tradicional, que é baseado em um único *mapfile*, para usar *mapfiles* dinâmicos.

6.1 Aquisição e uso de dados

Neste trabalho, usamos imagens de pequeno formato, imagens obtidas por um helicóptero aeromodelo e dados submersos adquiridos a partir de visitas realizadas na região de interesse. A seguir, descrevemos como os dados são coletados e tratados, para cada uma dessas formas de aquisição de dados. Os vários equipamentos que foram utilizados nessas coletas são melhores descritos no Apêndice A, ao final desta Tese.

6.1.1 Usando imagens de pequeno formato

A Figura 6.1 mostra um esquema descrevendo nosso sistema de aquisição de dados aéreos. Usamos imagens de pequeno formato para classificar nossas áreas de interesse e,

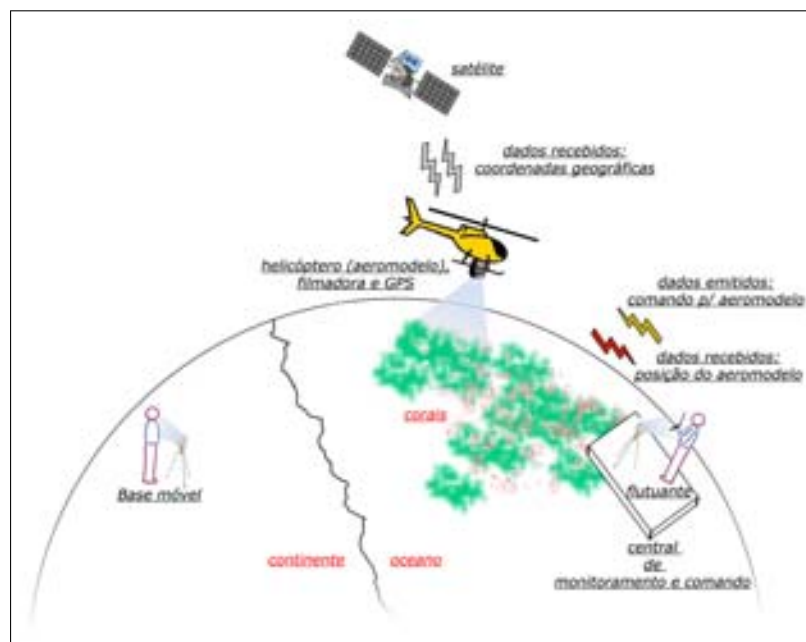


Figura 6.1: Visão geral do sistema de aquisição de dados

possivelmente, uma primeira análise visual de dados. Este tipo de imagem pode ser usado também para visualizar a região a nível macro, isto é, quando se trabalha a resoluções mais baixas sem a necessidade de visualização de detalhes. Também serve de base para outras camadas provindas de outras fontes de aquisição, além de propiciar planejamentos de visitas e outras análises a um nível menor de resolução.

A parte apontada pelo número 2 na Figura 6.2 ilustra o uso de uma imagem de pequeno formato que foi registrada, georreferenciada e inserida na nossa base de dados, sendo então visualizada no sistema. A parte apontada pelo número 1 da Figura 6.2 mostra uma classificação da imagem de pequeno formato que foi inserida no sistema, que pode ser importada a partir do uso de *shapefile*.

Outro estudo prático que fizemos, durante nossa pesquisa, foi testar a utilização de equipamentos de baixo custo para obtenção de imagens aéreas de pequeno formato. O sistema como um todo (ver Figura 6.1) é composto por um helicóptero aeromodelo (Modelo *JR GSR260 Voyager Gás*), uma plataforma de aquisição e transmissão de imagens e um computador receptor de dados. O aeromodelo é equipado com giroscópio e aparelhos de posicionamento em tempo real (*GPS*) que possibilitam pairar sobre determinada posição. Sob ele, encontra-se a plataforma de aquisição que é, basicamente, um dispositivo robótico com movimentos de *pan* e *tilt*, ao qual se acopla uma câmera visando a tomadas das imagens ou de vídeo. Esta câmera, além de possibilitar armazenar as ima-

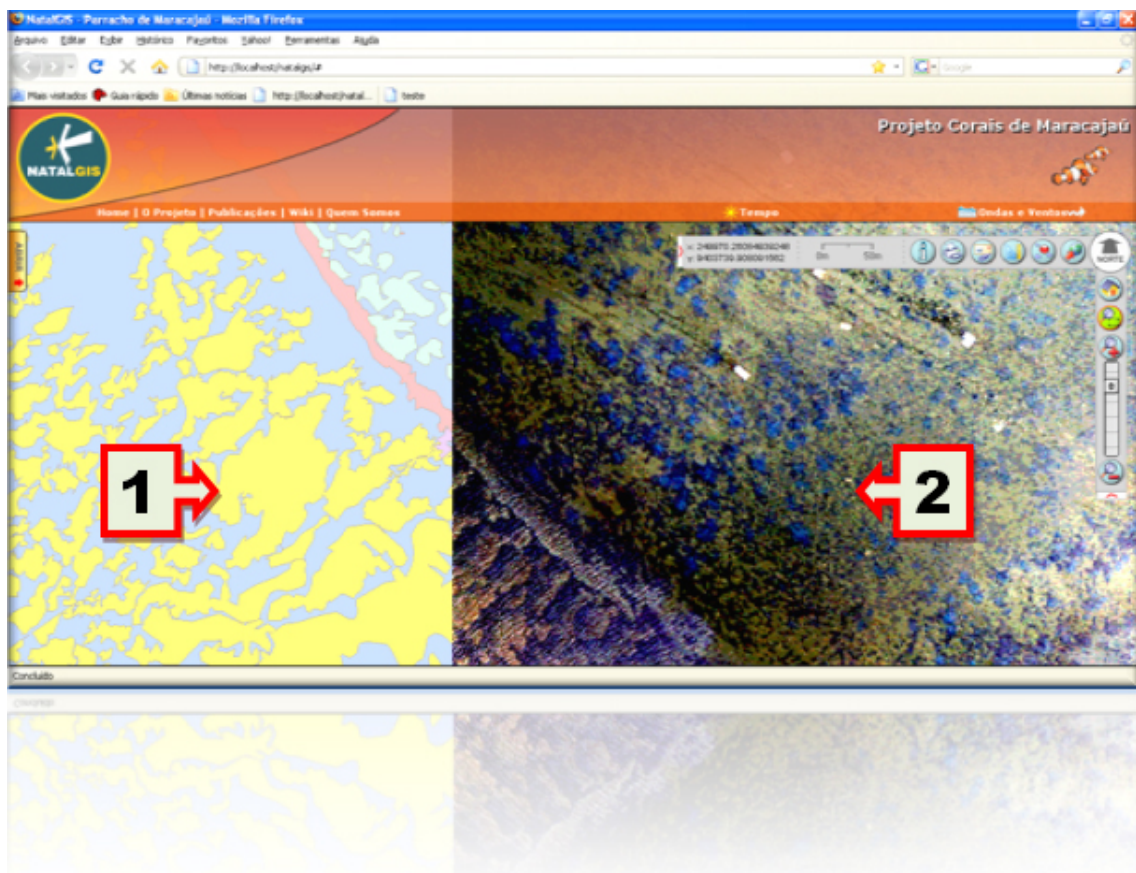


Figura 6.2: Imagem de pequeno formato inserida no sistema e sua classificação

gens obtidas a partir do helicóptero, também se conecta a um sistema de transmissão de dados, baseado em um *link* rádio, visando a transmissão em tempo real de vídeo e imagens. Assim, nossa plataforma de aquisição possibilita a captura, o armazenamento e a transmissão das imagens, via o *link* rádio, para a base em terra. Os dados são recebidos pelo receptor conectado a um computador, possibilitando, assim, a visualização das imagens em tempo real e também seu armazenamento neste computador, para uso posterior.

As imagens digitais (*frames*) são, então, processadas na base terrestre móvel, gerando um mosaico georreferenciado, que é o resultado principal de todo este processo. Este mosaico pode ser usado imediatamente ou posteriormente, visando outras análises da área em questão, fornecendo informações a um nível intermediário entre as imagens submersas obtidas *in-loco* e as imagens de pequeno formato. Variáveis como nitidez da água, e outras relacionadas aos aspectos bióticos e abióticos (nível de destruição dos corais, quantidade de vida vegetal), podem ser obtidas a partir de análise sobre este mosaico.

Ao todo, foram feitos cinco vôos experimentais no campo de aeromodelismo de Na-

tal, RN. As imagens mostradas na Figura 6.3(a) (b) mostram imagens capturadas pelo helicóptero, obtidas a partir desses vôos. É importante ressaltar que, no momento, o aeromodelo ainda não está completamente ajustado para fazer o sobrevôo em uma região aquática e com intensas rajadas de vento, como é o caso dos Corais de Maracajaú. Novos experimentos e ajustes serão feitos, em um projeto recentemente aprovado. Neste caso, o helicóptero será dotado de autonomia (tornando-se um robô aéreo).



Figura 6.3: Imagens capturadas pelo aeromodelo

6.1.2 Coleta, inserção e visualização de dados submersos

Para a captura *in-loco* de imagens e vídeos subaquáticos, primeiramente fizemos um planejamento visando determinar as posições de coleta. Foi gerada uma malha de pontos usando coordenadas geográficas, obtidas a partir dos mapas obtidos das imagens de pequeno formato, presentes em nossa base de dados (ver Figura 6.4(a) e (b)). Este trabalho de campo foi realizado em um dia com condições climáticas propícias e contamos com uma embarcação do projeto ProMar, que também visa o monitoramento dos Corais de Maracajaú.

Para a captura das imagens, após a determinação dos pontos que deveriam ser imageados, as suas coordenadas foram inseridas no *GPS*. O piloto do barco, então, nos colocou sobre cada um dos pontos de coleta, e fizemos as tomadas, tanto de imagens estáticas quanto de vídeos. Assim, foi possível coletar um conjunto de imagens submersas em 63 pontos, ao todo, num espaçamento aproximado de 115×115 metros) distribuídos em uma malha de forma regular (uma matriz 9×7), conforme mostra a Figura 6.5. Houve uma variação praticamente imperceptível entre a localização dos pontos que deveriam ser coletados (indicados na Figura 6.5 por círculos vermelhos) com a localização daqueles que realmente foram coletados (indicados na figura por âncoras azuis). Esta pequena

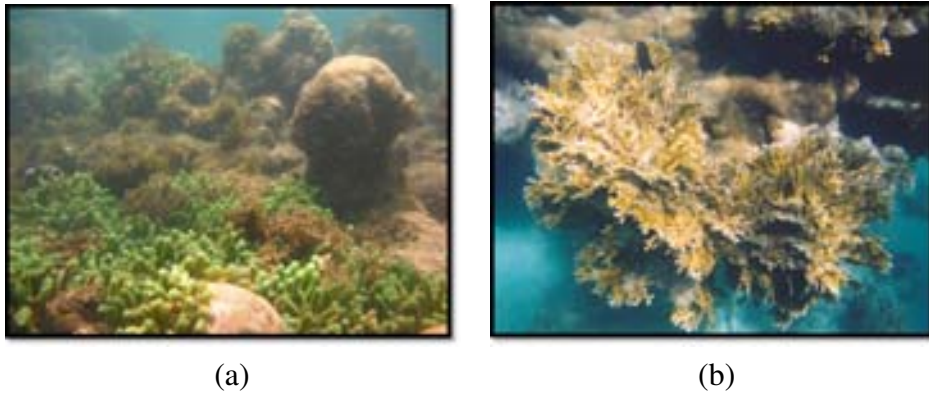


Figura 6.4: Imagens submersas capturadas

variação ocorreu devido à dificuldade na ancoragem do barco sobre os pontos e aos erros de precisão do *GPS*.

Essas imagens foram úteis para várias análises posteriores, incluindo indicação da nitidez da água, e das regiões onde se encontram a maior quantidade de corais e de peixes (ver Figura 6.6). Além disso, futuramente, elas servirão como base para a modelagem *3D* do espaço aquático.

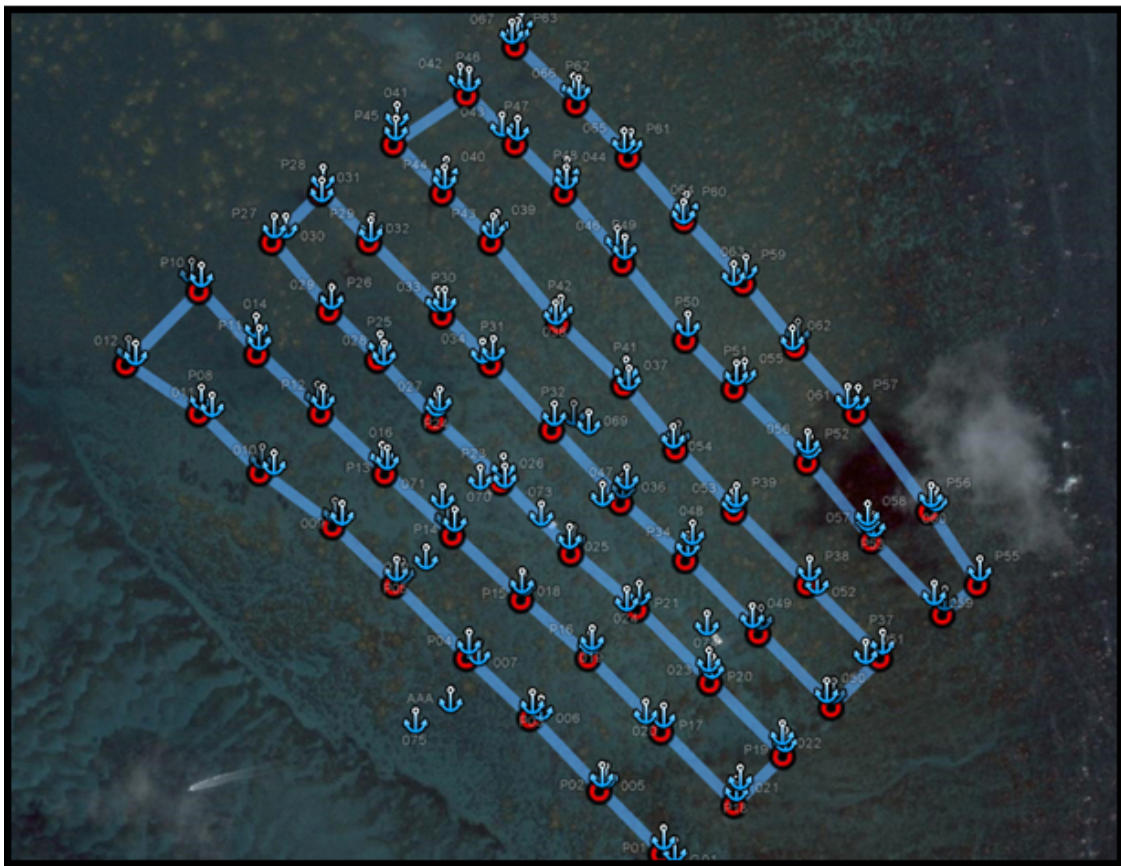


Figura 6.5: Rota e pontos de ancoragem para a coleta de imagens submersas

CLASSIFICAÇÃO DOS PONTOS COLETADOS						
Ponto Mapa	Ponto GPS	N.Video	Peixe (0/1)	Corais (0/1)	Nitidez (0/5)	Rank (0-5)
P01	G01	V01	0	0	0	0
P02	G02	V02	0	0	0	0
P03	G03	V03	0	0	0	0
P04	G04	V04	0	1	1	1
P05	G05	V05	0	1	3	3
P06	G06	V06	0	1	2	1
P07	G07	V07	0	1	1	1
P08	G08	V08	0	0	0	0
P09	G09	V09	0	0	0	0
P10	G10	V10	0	0	0	0
P11	G11	V11	0	1	2	2
P12	G12	V12	0	1	3	2
P13	G13	V13	0	1	2	2
P14	G14	V14	0	0	0	0
P15	G15	V15	0	1	2	2
P16	G16	V16	1	1	2	3
P17	G17	V17	1	1	4	5
P18	G18	V18	0	1	4	3
P19	G19	V19	1	1	4	5
P20	G20	V20	0	1	1	3
P21	G21	V21	0	1	3	3
P22	G22	V22	0	1	3	3
P23	G23	V23	0	1	1	1
P24	G24	V24	1	0	4	5
P25	G25	V25	0	1	1	1
P26	G26	V26	0	1	2	2
P27	G27	V27	1	1	4	5
P28	G28	V28	0	1	2	2
P29	G29	V29	0	1	2	2
P30	G30	V30	1	1	4	3
P31	G31	V31	0	1	2	1
P32	G32	V32	0	1	4	3
P33	G33	V33	0	1	2	2
P34	G34	V34	0	0	0	0
P35	G35	V35	0	1	1	1
P36	G36	V36	0	1	1	1
P37	G37	V37	1	1	1	2
P38	G38	V38	1	1	1	2
P39	G39	V39	0	1	2	2
P40	G40	V40	0	1	1	1
P41	G41	V41	1	1	2	2
P42	G42	V42	0	1	2	1
P43	G43	V43	0	0	0	0
P44	G44	V44	0	1	1	1
P45	G45	V45	0	1	1	1
P46	G46	V46	0	1	1	1
P47	G47	V47	0	1	3	2
P48	G48	V48	1	1	2	2
P49	G49	V49	0	1	1	1
P50	P50	V50	1	1	3	3
P51	G51	V51	0	0	0	0
P52	G52	V52	1	1	2	2
P53	G53	V53	0	1	1	1
P54	G54	V54	1	1	1	1
P55	---	---				
P56	G56	V56	0	1	1	1
P57	G57	V57	0	1	4	4
P58	G58	V58	0	1	2	2
P59	G59	V59	0	1	1	1
P60	G60	V60	1	1	2	3
P61	G61	V61	1	1	2	3
P62	G62	V62	1	1	1	2
P63	G63	V63	0	1	1	1

Figura 6.6: Tabela com as classificações dos pontos coletados

6.2 Validação funcional do sistema proposto

Visando validar as funcionalidades do sistema proposto, vários testes foram realizados a partir da execução do sistema em si. Aspectos relacionados com a *interface*, usabilidade e perfis de usuários foram analisados, além das ferramentas específicas propostas para interpolação e inserção dinâmica de dados.

6.2.1 Testando o uso de tiles

A Figura 6.7 ilustra um exemplo do uso de *tiles*. A área indicada pelo número 1 nesta figura é melhor detalhada na imagem ampliada 6.8. Nesta, observa-se que há uma área do mapa representada por uma matriz. A área demarcada pela cor verde é uma estrutura do tipo *tile* e a outra área, em vermelho, é uma *subtile*. Os valores correspondem à área relativa em *pixels* e as respectivas coordenadas *UTM*. Para este exemplo está sendo utilizado um *tile* de 200×200 *pixels* e um *subtile* de 100×100 *pixels*.

Vale observar que as indicações dos *tiles* e *subtiles* ora apresentadas são apenas ilustrativas e não aparecem em qualquer momento da execução do *software*. O uso de *tiles* é uma função interna do sistema que faz parte da configuração para uma transação mais eficiente entre o cliente e o servidor.

Cabe também ressaltar que a dimensão de cada *tile* poderá ser alterada, observando que as dimensões pequenas podem causar problemas nos navegadores devido à alta quantidade de imagens a serem criadas, reduzindo a performance de mover o mapa. E o caso oposto pode resultar em uma imagem de tamanho elevado, causando uma ineficiência na troca de informações.

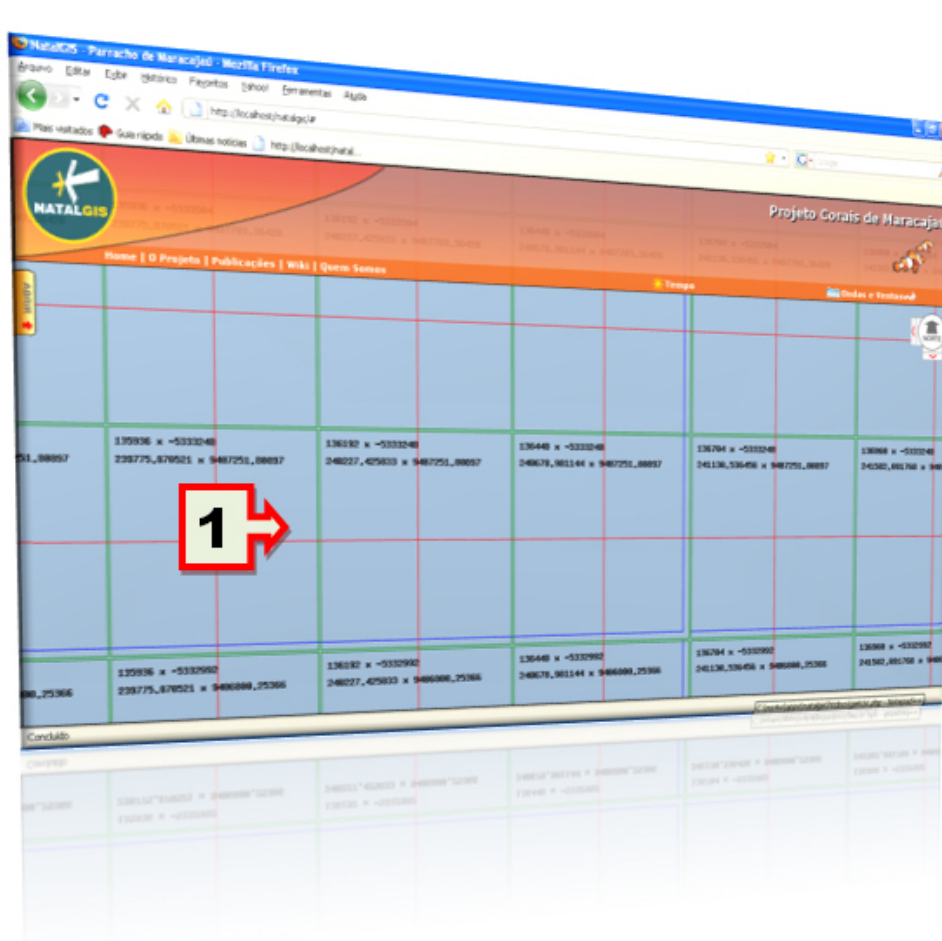


Figura 6.7: Tiles e subtiles

	<p>136192 x -5333248 240227,425833 x 9407251,80897</p>		<p>136448 240678</p>
	<p>136192 x -5332992 240227,425833 x 9406800,25366</p>		<p>136448 240678</p>

Figura 6.8: Tiles e subtiles em visão aproximada

6.2.2 Utilizando perfis

A idéia do uso de perfis é mostrar apenas os dados que interessam a cada tipo de usuário. A seqüência de operações necessárias para acesso aos perfis pode ser visualizada na Figura 6.9. Tal ilustração está simulando a escolha do perfil biólogo para a representação do mapa. Ressalta-se que a primeira e a segunda imagem (da esquerda para a direita) estão na tela de abertura do sistema, como se observa na Figura 5.2 (mostrada no Capítulo 5) e a última imagem é uma parte da tela principal, como se observa na Figura 5.6 (do mesmo capítulo).



Figura 6.9: Seqüência da seleção do perfil biólogo

A Figura 6.10 mostra o mapa final para o perfil biólogo. Observe que os dados referentes às classes alga, macro-alga, inter-mares, rochas submersas, borda interna, cabeços (recifes que afloram a superfície d'água, fanerógamas (capim do mar) e baixios são mostrados, além da localização dos flutuantes, contornos dos baixios e pontos de coleta de dados. Esses dados são sugeridos, podendo outros serem selecionados para o usuário do tipo biólogo. A Figura 6.11 mostra o mapa direcionado ao perfil turista. No caso, são mostradas a concentração de corais e quantidade de peixes do tipo Garoupa (poderia-se selecionar outros tipos também), além da localização dos flutuantes, contornos dos baixios e pontos de coleta de dados. Note que os últimos dados são de interesse comum, por

isso são mostrados aos dois tipos de usuários.

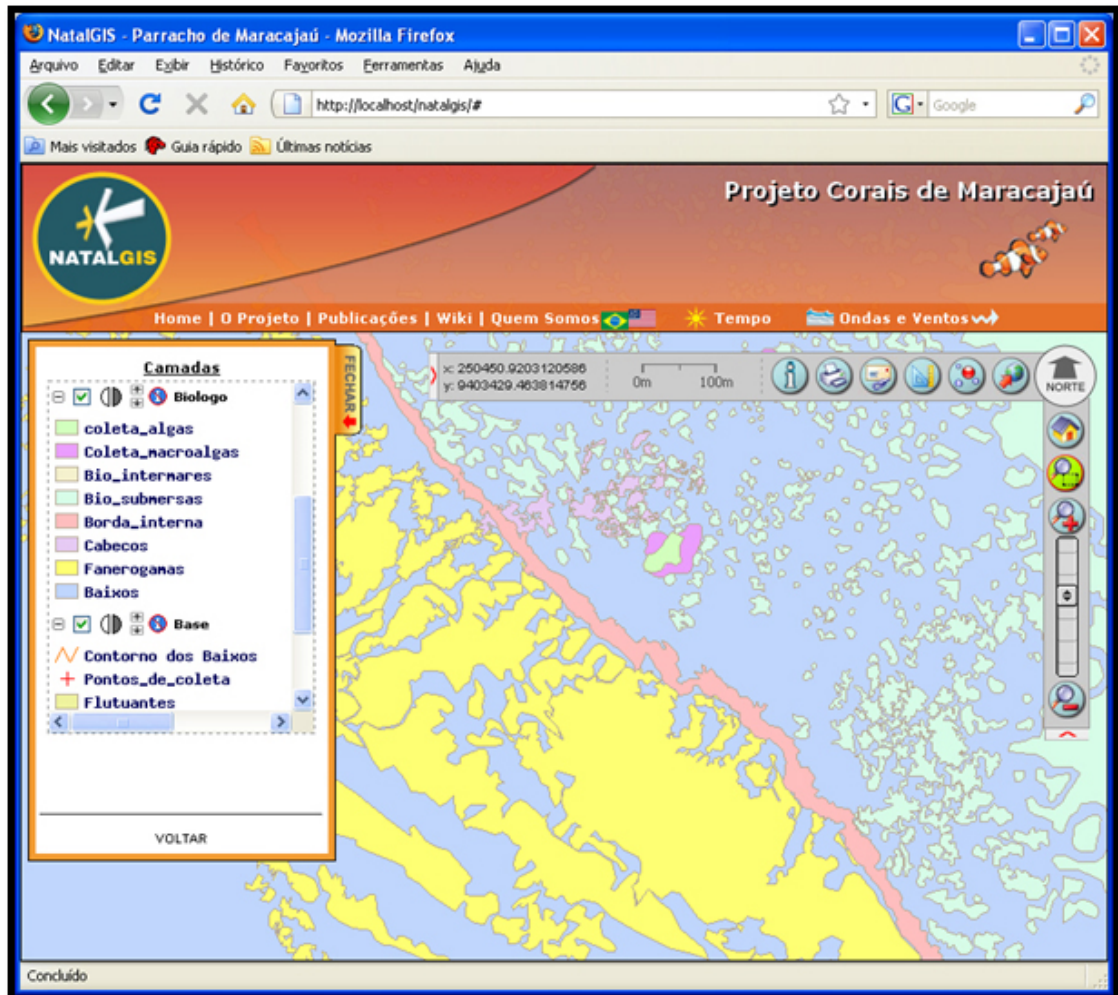


Figura 6.10: Mapa com perfil do biólogo

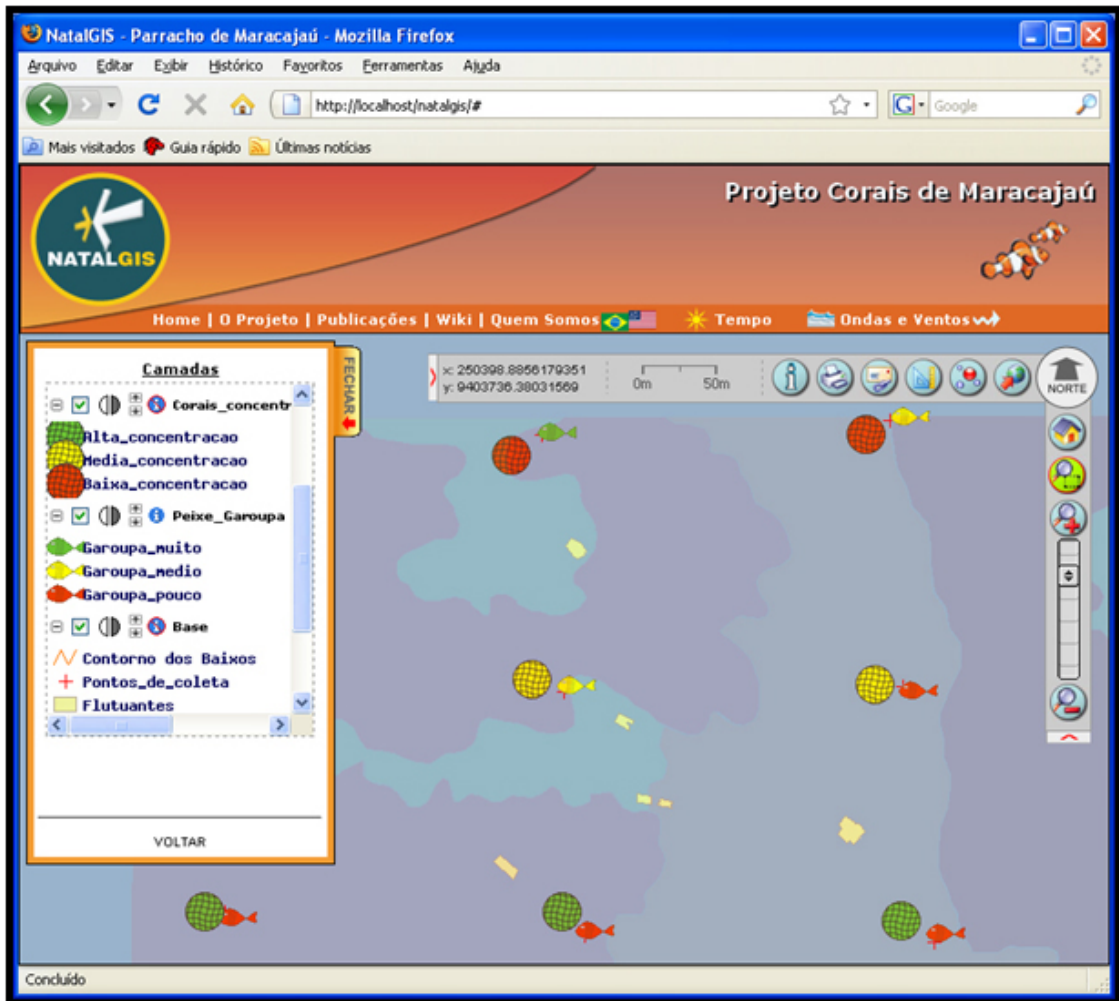


Figura 6.11: Mapa com perfil do turista

6.2.3 Inserção dinâmica de dados

Como visto no Capítulo 5, uma das funcionalidades essenciais que propomos em nosso sistema é propiciar a inserção dinâmica de dados. Como visto anteriormente, tivemos que propor mudanças no paradigma tradicional, através do uso de múltiplos *mapfiles*. Conforme visto no Capítulo anterior, a inserção pode ser feita de várias formas diferentes, tais como por *shapefiles* ou imagem *raster*, pela indicação de pontos no mapa e seus dados com a criação de uma nova tabela, indicando pontos no mapa em uma tabela já existente e a partir de um arquivo contendo os pontos e seus dados relacionados. A Figura 6.12 ilustra essas possibilidades.

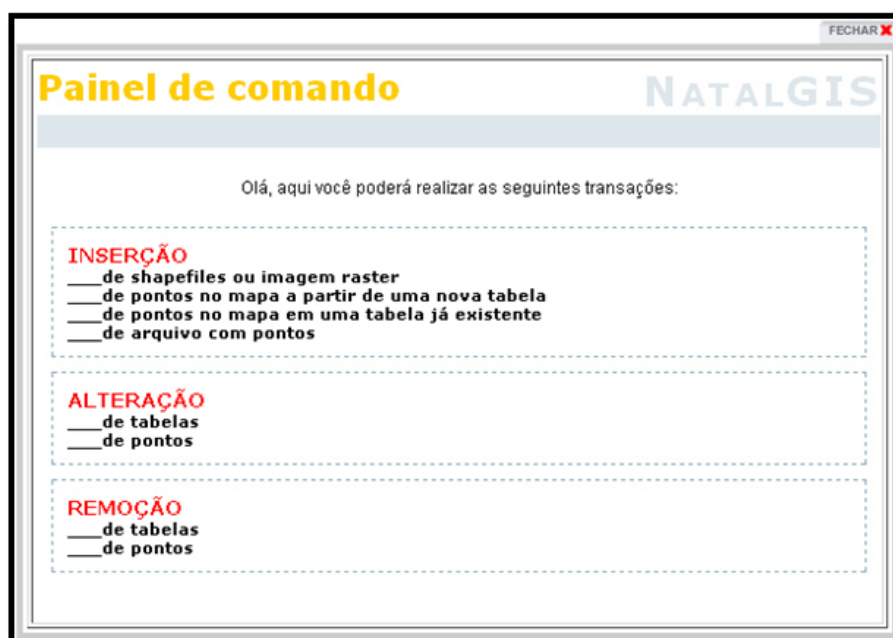


Figura 6.12: Painel de comando ilustrando as opções de inserção de dados

Como forma de exemplificar a criação de uma tabela no banco de dados, a Figura 6.13 mostra um exemplo em que o usuário criou uma tabela para armazenar a quantidade e o nome científico das lagostas observadas na região. Note que, neste caso, o usuário precisa conhecer visualmente a localização onde os dados foram coletados, ou saber suas coordenadas (mesmo que aproximadas). Observa-se que o usuário desejou representar os pontos no mapa com um círculo de cor interna amarela e borda vermelha. Além disso, ele criou duas colunas para armazenar os dados sobre o nome da espécie e a quantidade observada.

Painel de comando NATALGIS

MÓDULO: INSERÇÃO DE DADOS

PASSO 1: INSTRUÇÕES
Aqui você vai criar uma tabela para poder armazenar os pontos clicados no mapa. Assim, o passo 2 definirá as propriedades da tabela, enquanto o passo 3 possibilitará a captura dos pontos diretamente no mapa.

PASSO 2: CRIAR TABELA PARA ARMAZENAR OS POITOS

nome da tabela: nome do grupo: (digite sem espaço)

símbolo para representação: cor de preenchimento:

camada consultável cor da borda:

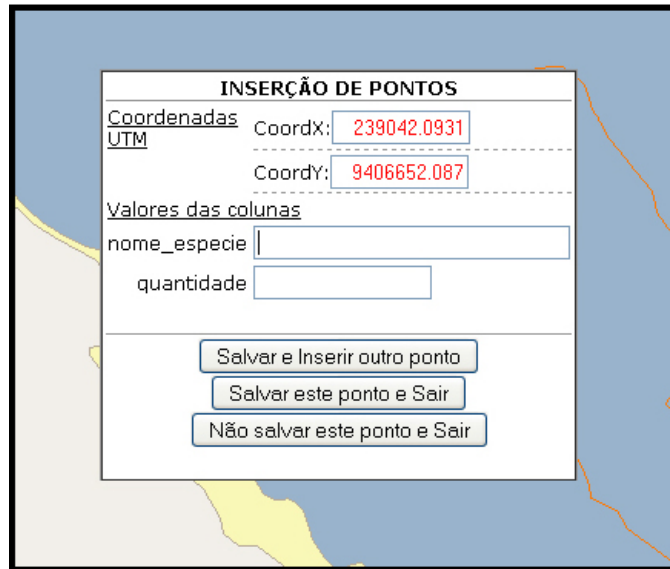
coluna (1): tipo: tamanho:

coluna (2): tipo: tamanho:

PASSO 3: INSERIR POITOS
Nesse passo, você deve inserir os pontos diretamente no mapa.

Figura 6.13: Painel de comando (criação da tabela para armazenar os pontos clicados)

Após a definição da tabela é executado o módulo que capta os cliques do mouse sobre o mapa e armazena, já na tabela criada, os valores das tuplas, como: a localização geográfica e outros dados, como ilustrado Figura 6.14.



The image shows a software interface for inserting points into a map. The window is titled "INSERÇÃO DE PONTOS". It contains a form with the following elements:

- Coordenadas UTM:** A section for entering UTM coordinates. The "CoordX:" field contains the value "239042.0931" and the "CoordY:" field contains "9406652.087".
- Valores das colunas:** A section for entering column values. It includes two input fields: "nome_especie" and "quantidade".
- Buttons:** Three buttons are located at the bottom of the form:
 - "Salvar e Inserir outro ponto"
 - "Salvar este ponto e Sair"
 - "Não salvar este ponto e Sair"

Figura 6.14: Painel de comando (inserção de pontos no mapa)

Ilustramos também o uso do sistema na segunda opção, ou seja, fornecer dados tabulares de pontos definidos diretamente no mapa pelo usuário. Neste exemplo, a tabela criada pelo usuário para armazenar as informações dos pontos contém dados sobre crustáceos. Na execução deste exemplo, o usuário criou três pontos com informações sobre caranguejo, lagosta e camarão. Após cada ponto inserido, o *mapfile* é atualizado, visando disponibilizar este novo conjunto de informações inserido numa tabela. Os três pontos criados pelo usuário **lore** são mostrados na área indicada pelo *número 1* da Figura 6.15. A Figura 6.16 ilustra o momento em que o usuário desejou obter informações dos pontos inseridos. Para isso, o usuário clicou na opção **info de elementos** (ver Figura 5.9) e selecionou os três pontos com o *mouse*. A outra opção seria inserir dados através de arquivo. O sistema solicita o nome do arquivo e cria ou atualiza o *mapfile* associado. Como visto no Capítulo anterior, este arquivo deve conter, além das coordenadas dos pontos, os seus dados associados.

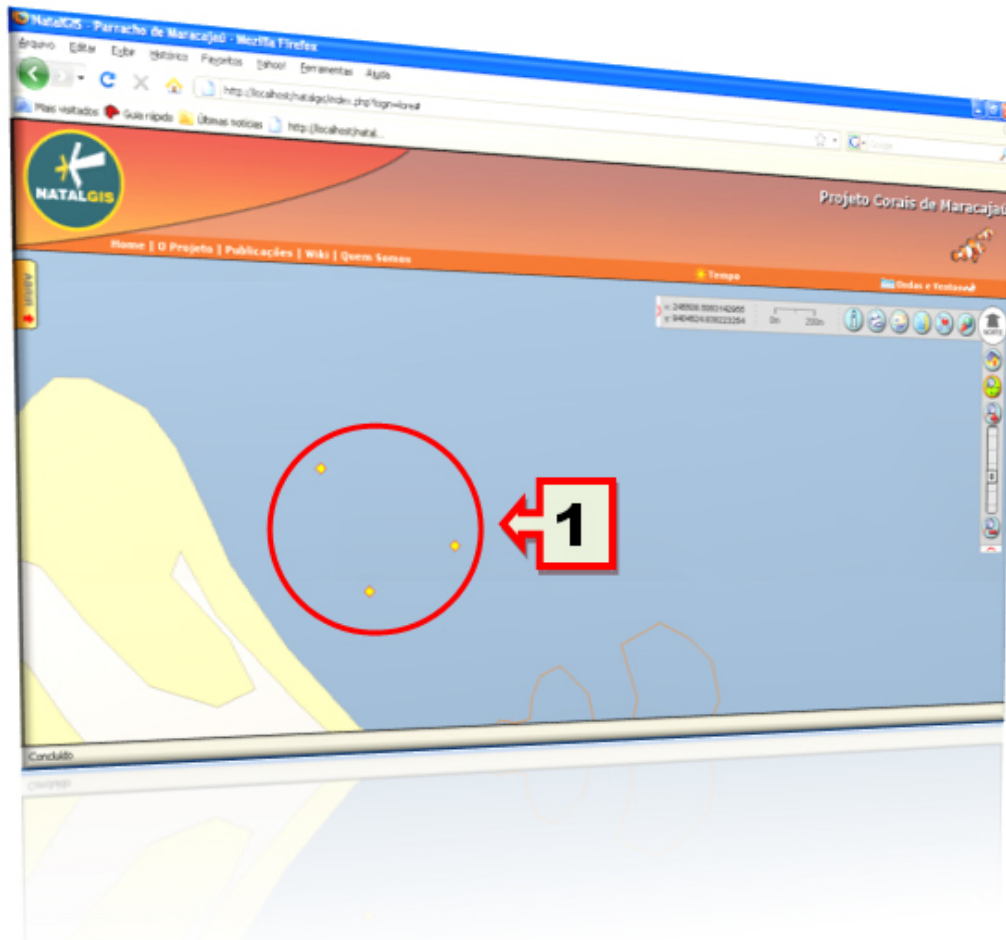


Figura 6.15: Tela principal - destaque nos pontos inseridos pelo usuário

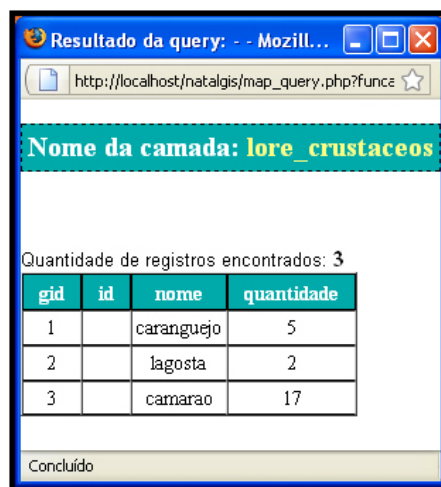


Figura 6.16: Informações dos pontos inseridos

6.2.4 Correlação de dados baseada em interpolação *on-line*

O uso de interpoladores possibilita a realização de correlações entre dados e torna possível estimar valores para pontos que não foram coletados *in-loco*. O tipo de correlação a que nos referimos diz respeito à identificação e análise de diferentes aspectos, tais como: boa nitidez da água \times alta probabilidade de se encontrar peixes na região; baixa concentração de peixes \times alto nível de desgaste dos corais; além de outras. A título de exemplo, através de análises nos gráficos gerados em três regiões distintas (ver Figura 6.17), podemos tentar inferir respostas a algumas questões, como por exemplo, as formuladas a seguir:

- Por que o nível de destruição dos corais aumenta substancialmente nos pontos em que a nitidez é melhor?
- Por que, diferentemente da espécie *Budião*, a espécie de peixe *Garoupa* tem uma menor concentração nas regiões de alta concentração de corais?

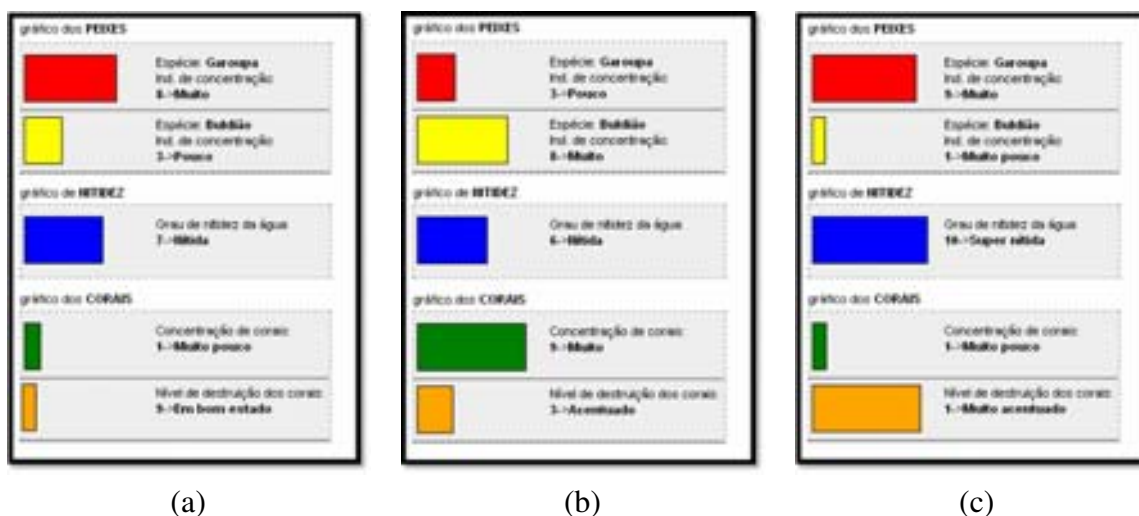


Figura 6.17: Gráfico da interpolação

6.2.5 Visualização de dados (emersos e submersos)

O sistema proposto permite visualizar dados começando de um nível macro, ou seja, um nível onde é visualizada uma imagem de pequeno formato, passando por imagens obtidas a partir do helicóptero (nível mais próximo do nível do mar) e até mesmo visualizar imagens submersas. Ao se efetuar operações de aproximação em uma imagem, caso haja alguma foto submersa ou vídeo nas proximidades do ponto visualizado, esta é acionada e é mostrada uma imagem submersa ou então um vídeo é acionado.

A Figura 6.18 ilustra a visualização da região de estudo a partir de uma imagem de pequeno formato. O painel apontado pelo *número 1* mostra o nível de *zoom* utilizado na sua visualização, que se encontra em uma das menores escalas possíveis. No momento em que o usuário começa a aproximar o mapa, aumentando o nível de *zoom*, em um certo momento, ele passa a não visualizar mais a imagem de pequeno formato, e, sim, as imagens capturadas pelo helicóptero. Então, continuando a aumentar o nível, ao ultrapassar o nível máximo deste último, um vídeo submerso é mostrado ao usuário (vide imagem apontada pelo *número 1* na Figura 6.19), sobrepondo o mapa visualizado. Note o nível máximo de *zoom* foi atingido no painel apontado pelo *número 2*, na Figura 6.19. Esta é uma maneira intuitiva de o turista ou pesquisador, por exemplo, ver as feições submersas. Outra opção poderia ser através de clique de mouse sobre locais onde há imagens submersas. Neste caso, o apontador do mouse modifica ao passar sobre um local onde há imagem ou vídeo a ser mostrados. A Figura 6.20 mostra dois vídeos sendo acessados pelo sistema, em outros locais.

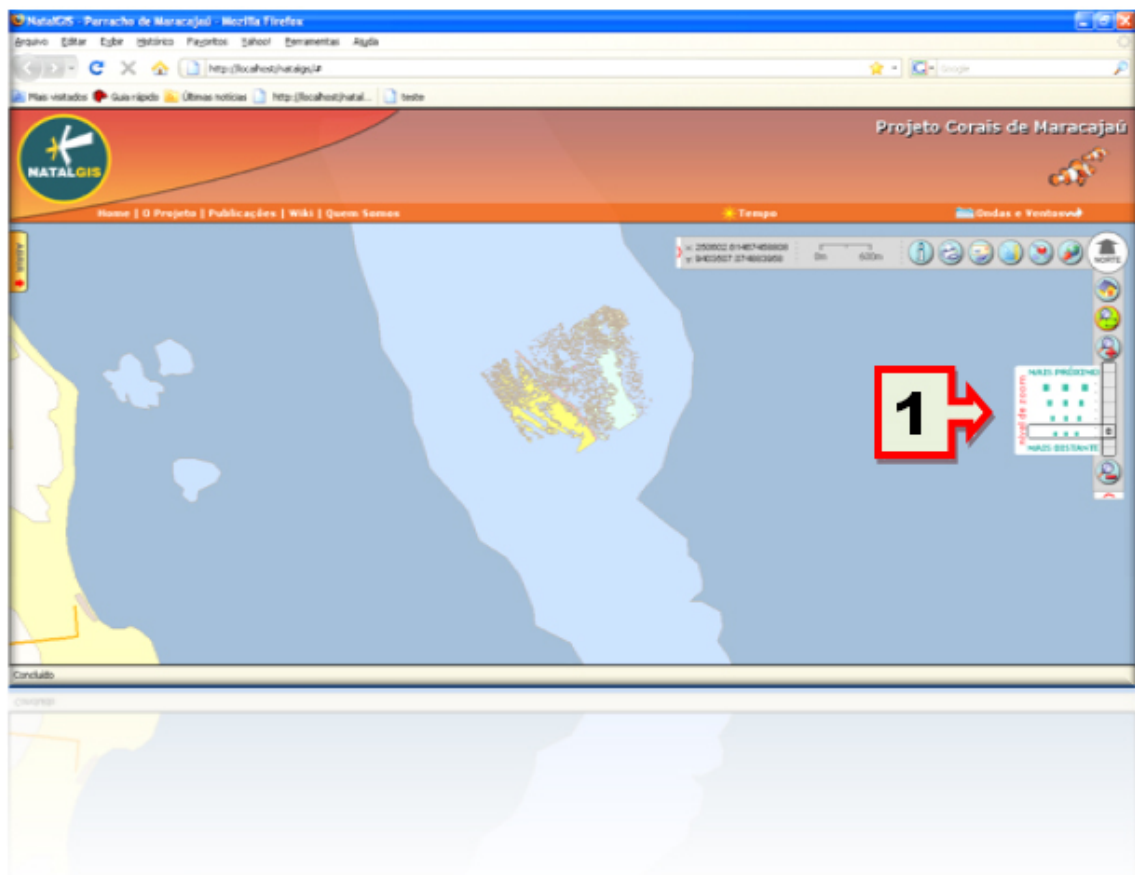


Figura 6.18: Imagem visualizada em nível mínimo de *zoom*



Figura 6.19: Ao aproximar, o vídeo submerso mais próximo é visualizado



Figura 6.20: Sistema tocando vídeos obtidos em dois pontos diferentes

6.2.6 Análise e correlação de dados

Com a execução do sistema, algumas análises puderam ser realizadas, visando testar a sua usabilidade pelos diversos perfis de usuários. A Figura 6.21 retrata uma possível utilização do sistema por um biólogo. Nesta tela, podem ser vistas camadas representando o nível de desgaste dos corais e o grau de nitidez da água, além de outras.

Já a Figura 6.22 esboça o acesso de um usuário que desejou visualizar um mapa com as seguintes camadas: dados de biologia, dados de geologia e grau de nitidez da água, além de outras. Podemos observar que, nesta segunda figura, foram acionados controles de nível de transparência para que as camadas pudessem ser sobrepostas sem ocultar as demais (ver o botão que define o nível de opacidade na Figura 5.8).

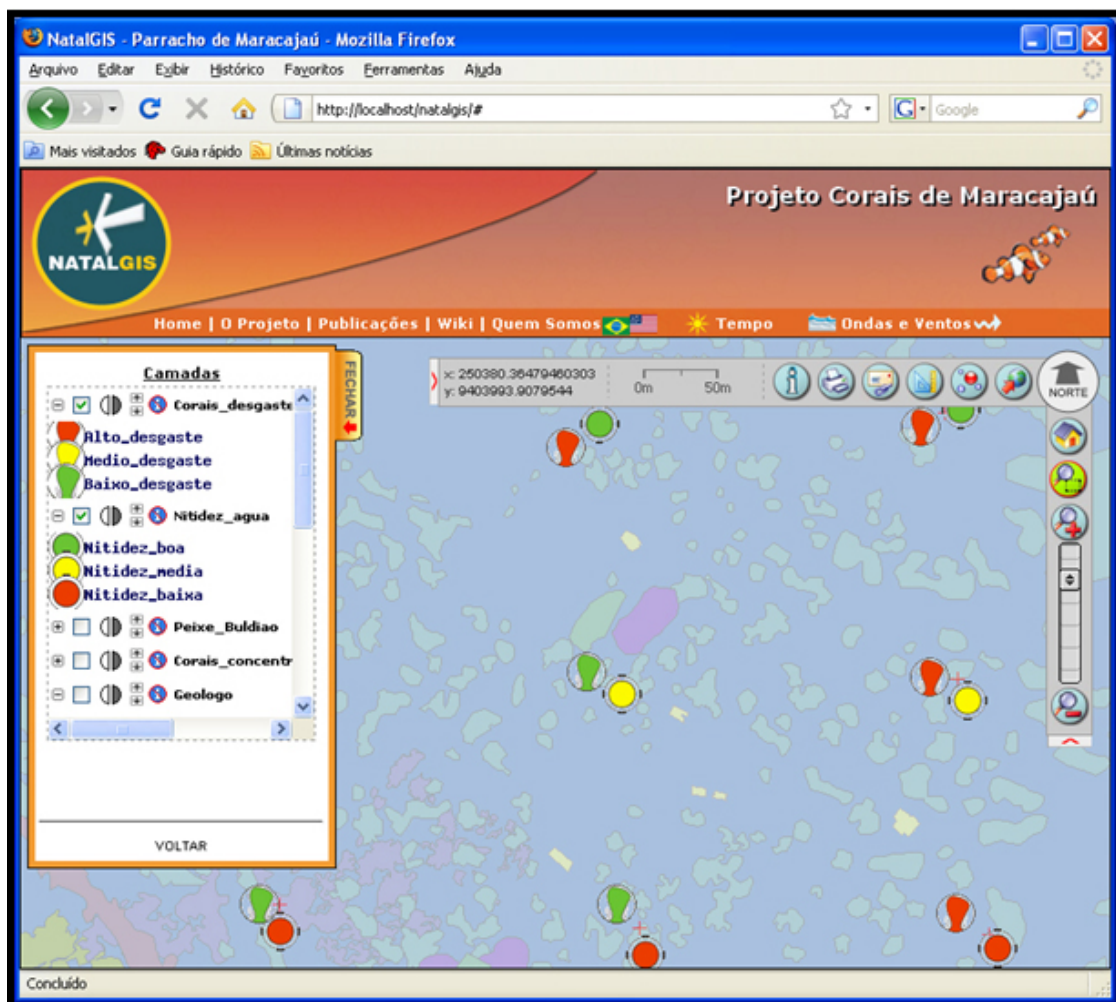


Figura 6.21: Tela com vista de camadas diversas

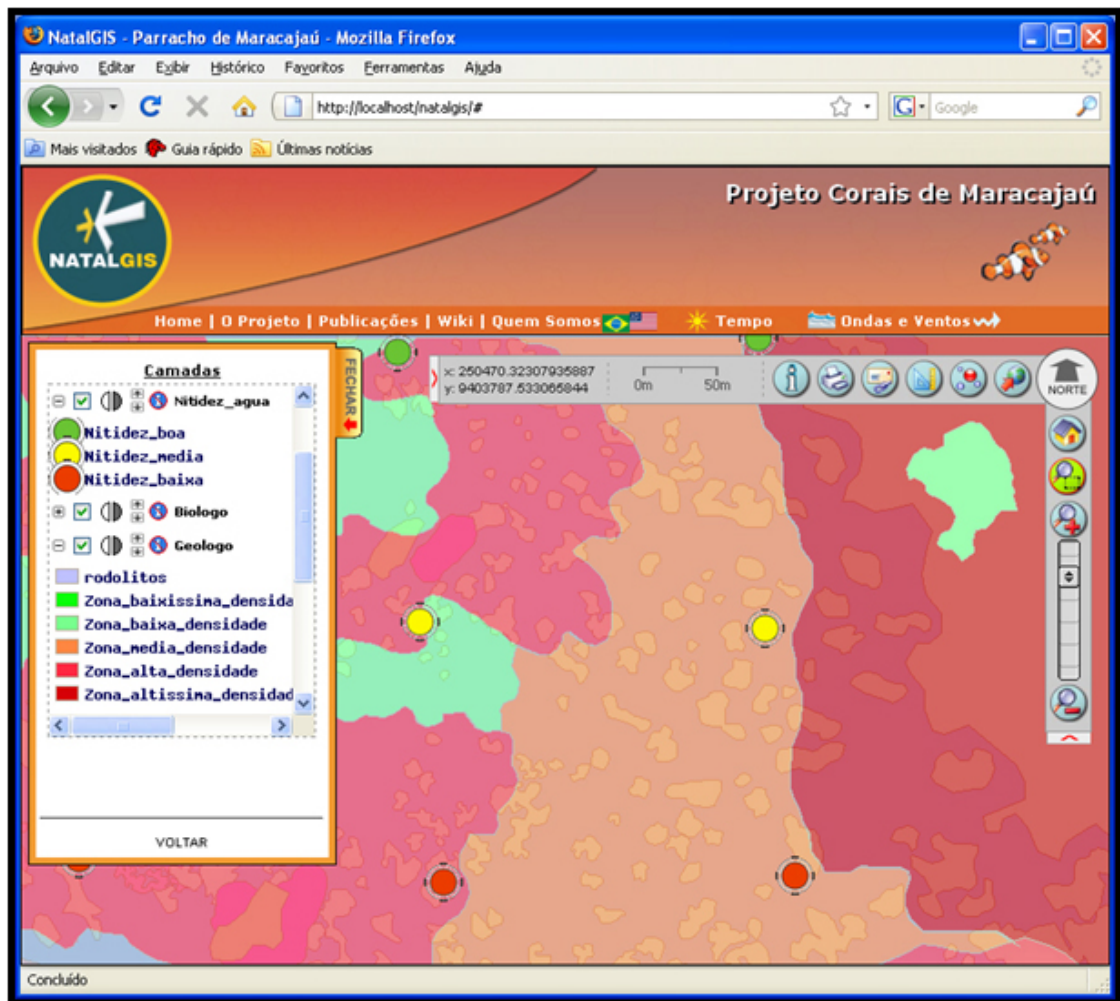


Figura 6.22: Tela com vista de camadas sobrepostas

Capítulo 7

Conclusões

7.1 O sistema desenvolvido

Nesta Tese, propomos um Sistema de Informações Geográficas a ser acessado via *Web*, voltado para monitoramento integrado e constante de regiões de proteção ambiental. Como um sistema dessa natureza deve suportar dados dinâmicos, pois esse tipo de área de estudo está freqüentemente sujeito a modificações, tivemos que propor mudanças no paradigma tradicional que considera um único arquivo de configuração (*mapfile*). No caso, usando vários *mapfiles*, conseguimos criar um sistema que suporta mudanças na forma de acesso a dados geográficos em tempo real (*on-line*). Com isso, podemos permitir que usuários com diferentes perfis possam inserir dados, acessar dados existentes e eventualmente até atualizar dados postados erradamente de forma muito simples. De fato, foram criados mecanismos próprios para que dados coletados *in-loco* pelos pesquisadores pudessem ser melhor tratados, inseridos na base de dados e publicados na *Web*. Desenvolvemos, então, um módulo especial que possibilita a transação de dados entre o cliente e o servidor, ou seja, que permite que em um ambiente *Web* o usuário possa enviar dados geográficos ao servidor e este possa mostrá-los imediatamente em um plano de informação específico do mapa. Isso é possível graças aos mecanismos de associação dos perfis e *logins* aos vários arquivos *mapfiles* criados dinamicamente. Assim, o sistema envolvido na Tese é uma ferramenta inovadora que propicia o armazenamento, gerenciamento e visualização de dados geográficos de forma irrestrita.

Optamos por usar uma solução que permite haver uma maior interação usuário × máquina. Assim, adotamos o modelo denominado *AJAX*, o qual se propõe ser uma maneira eficiente para realizar as comunicações com o servidor de modo assíncrono, trazendo benefícios significativos para as aplicações que o implementam. De certa forma, podemos afirmar que houve vários benefícios ao adotarmos a metodologia *AJAX* para o desenvolvimento do sistema, entre os quais podemos citar: maior possibilidade de intera-

ção com o usuário e redução de atualizações de páginas (*reloads*).

Sobre este modelo, foi possível implementar, por exemplo, uma metodologia empregada para estimar dados relacionados às regiões de recifes de corais, baseada no uso de interpolação. De maneira geral, observamos que a técnica *IDW* forneceu uma boa estimativa das variações de valores ao longo dos corais. O uso de interpoladores no *SIG Web* apresentado tornou possível o estudo analítico dos dados, através das comparações em gráficos de barra, além da atribuição de valores, por estimativa, de pontos não coletados. Sem as mudanças no paradigma tradicional, isto não seria possível.

Convém ressaltar que as técnicas implementadas podem ser aplicadas sem adaptações substanciais em outras áreas. Ou seja, o sistema proposto está sendo aplicado em monitoramento e gestão ambiental da região dos Parrachos de Maracajaú, porém ressaltamos que, a partir de uma rápida configuração interna, ele pode ser aplicado a outros recifes de corais, ou até mesmo a outros tipos de ambientes.

7.2 Contribuições e conclusões

A principal contribuição desta Tese é a criação de uma ferramenta visando o monitoramento ambiental. As contribuições parciais vão desde a metodologia de mosaicamento usando helicóptero aeromodelo e *SFAP* (que envolveu um empenho paralelo à elaboração desta Tese), até a possibilidade de inserção e publicação dos dados pelos próprios usuários, que, segundo pesquisa que realizamos na literatura, ainda não existe nada semelhante. Além disso, as ferramentas que foram desenvolvidas são de grande importância tanto socialmente quanto para as empresas e órgãos de gestão ambiental que se beneficiarão de informações atualizadas e disponíveis abertamente. Assim, uma vez obtidos e processados os dados, as informações resultantes poderão ser analisadas e livremente utilizadas pela comunidade científica e pela comunidade local, seja para fins de pesquisa ou para fins educacionais, acelerando, assim, o processo de conscientização ambiental.

Podemos citar alguns benefícios que serão conseguidos à medida que o sistema seja continuamente utilizado, entre eles: uma grande quantidade de dados serão armazenados e, conseqüentemente, serão apresentados aos usuários, possibilitando, assim, melhoria no processo de busca por informação; um repositório central dos dados dos Corais de Maracajaú está sendo criado, portanto, centralizando informações; o sistema proposto propicia a independência em relação aos sistemas proprietários que eram utilizados em máquinas locais; o sistema proposto propicia um melhor mecanismo de controle dos fatos relacionados às degradações dos corais.

O sistema proposto implementa uma alternativa inovadora para a aquisição e trata-

mento de informações geográficas relativas aos recifes de corais. Tais dados podem auxiliar o Conselho Gestor da área de proteção ambiental a determinar as formas de uso mais adequadas, permitindo, por exemplo, o ajuste do limite aceitável de impacto. Podem ser úteis também para o acompanhamento do plano de manejo e monitoramento. O sistema poderá auxiliar a emissão de pareceres para suportar decisões dos órgãos de gestão ambiental, dos empresários de turismo, da comunidade local, entre outros.

Outro aspecto que deve ser ressaltado é o relacionado à utilização da potencialidade do *SIG* na apresentação e análise dos resultados. Neste sentido, a integração de geoestatística e *SIG* mostrou-se extremamente conveniente e deve ser adotada sempre que possível como rotina em análises de dados espaciais para possibilitar maior precisão científica nas análises ambientais.

Por fim, vale ressaltar a importância deste trabalho no auxílio a diversas áreas, desde o turismo às pesquisas específicas, como a interpretação através de interpoladores do relacionamento entre nitidez \times peixes \times corais. Cabe novamente ressaltar que isto somente foi possível devido à nossa proposta de mudança no paradigma tradicional. Estudos seguirão tratando mais analiticamente os resultados que estão sendo obtidos com o uso módulo de interpolação deste sistema.

7.3 Trabalhos futuros

É fato conhecido na comunidade de computação que um sistema computacional dificilmente pode ser caracterizado como totalmente completo, sem outras versões posteriores. Diariamente, há mudanças de paradigmas tecnológicos que trazem à comunidade científica um novo conjunto de ferramentas que possibilitam um melhor tratamento de dados. É fato, também, que as aplicações que envolvem várias áreas de conhecimento, como a descrita nesta pesquisa, demandam um ajuste contínuo no sistema para que todos os envolvidos possam ser atendidos. Assim, não se pode pensar em um sistema que não tenha a capacidade de evoluir.

Diante do exposto, após uma análise de outros benefícios que o sistema poderia proporcionar aos envolvidos no nosso caso de estudo, algumas novas funcionalidades surgiram e serão colocadas em prática, seja na melhoria do sistema ou em outros estudos paralelos. Alguns dos trabalhos futuros, possíveis, são detalhados a seguir.

7.3.1 Mudança da área de trabalho e do tipo de monitoramento

Após a análise do estado da arte, constatamos que há inúmeros outros campos de pesquisa que necessitam de monitoramento contínuo na *Web* e que não possuem esse tratamento. Assim, seria interessante que o sistema proposto pudesse, a partir de um formulário simples mostrado a um usuário, mudar tanto a região de trabalho quanto o tipo de aplicação. Em outras palavras, o sistema teria um ganho enorme caso pudesse abranger outras aplicações de monitoramento, como controle de queimadas, estudos de regiões que possuem epidemias, monitoramento de aspectos da segurança pública etc, inclusive em outros países, como, por exemplo, a África.

Cabe ressaltar que a mudança necessária para a alteração de escopo não é taxada como complexa, pois envolve, basicamente, uma alteração na linha de código do arquivo *mapfile* para uma nova extensão (área de abrangência), além de outros pequenos ajustes superficiais, conseguidos graças à nossa proposta de mudança do paradigma tradicional. Com efeito, os usuários enviariam os novos planos de informação através do módulo *upload* e, com isso, o novo mapa de uma outra região seria devidamente exibido, com plenas funcionalidades de aproximação, consulta etc.

7.3.2 Uso de agentes autônomos para otimização

Primeiramente, cabe aqui uma definição de agentes. Segundo *Maes* [Maes 1995], agentes são sistemas computacionais inseridos em ambientes complexos e/ou dinâmicos, que têm a capacidade de perceber e agir de modo autônomo para atingir objetivos ou executar tarefas para os quais tenham sido modelados.

A utilização de agentes autônomos em um *SIG* permite que o sistema capture várias características dos usuários no momento da execução. Isso possibilita que o *SIG* perceba previamente os possíveis cenários que determinado usuário deseja visualizar e, assim, apresente a ele os dados usualmente requeridos. Destarte, uma melhoria tanto na otimização quanto na apresentação do sistema pode ser alcançada através do uso de agentes.

Diante do exposto, uma continuação deste trabalho já está em andamento em outra pesquisa sendo desenvolvida no mesmo grupo. Esta outra pesquisa de Doutorado, sendo feita por *Xavier Júnior*, deverá implementar os conceitos de agentes em *SIG*. Assim, os dois sistemas trabalharão em conjunto para que sejam obtidos resultados inovadores na gestão de dados ambientais em ambientes *Web*.

7.3.3 Interpolação em *shapes*

Outro trabalho futuro que também será implementado diz respeito ao processo de interpolação de dados geográficos. Para o futuro, propomos a criação de um mecanismo que represente os dados estimados não apenas em gráficos de barra, mas, sim, em um modelo de superfície semelhante àquele utilizado para modelagem de terrenos. Esta melhoria é plenamente factível e possibilitará uma melhor interpretação dos dados, além da geração de novos *shapefiles* de acordo com o resultado da interpolação.

7.3.4 Integração com técnicas de realidade virtual

Outra possibilidade de trabalho futuro usando os dados da região dos recifes de corais é a integração de um sistema de realidade virtual com o sistema aqui proposto. Atualmente, existem trabalhos paralelos ao nosso, dentro do nosso grupo, que envolvem a aplicação de modelagem tridimensional em ambientes virtuais. Esses trabalhos visam à criação de ambientes interativos na *Web*. Uma aplicação interessante, então, seria disponibilizar ao usuário uma visão geral do mapa no plano *2D* e, à medida que o usuário se aproximasse da região oceânica e atingisse um determinado nível de *zoom*, ele fosse levado ao ambiente em *3D* da outra aplicação. Neste ambiente estariam representados os corais além dos organismos que o habitam, o que proporcionaria uma melhor visão da região dos corais.

Referências Bibliográficas

- Aboufirassi, M. & M. Marino (1983), Kriging of water levels in the souss aquifer, morocco, Vol. 15, *Mathematical Geology*, pp. 537–550.
- Adey, W. (2000), *Coral reef Ecosystems and Human Health: Biodiversity Counts!*, Vol. 6.
- Agrawal, O., K. Rao, H. Chauhan & M. Khandelwal (1995), Geostatistical analysis of soil salinity improvement with subsurface drainage system, Vol. 38, *Transactions of the ASAE*, pp. 1427–1433.
- AIMS (2008), ‘Australian institute of marine science’. Disponível em <http://www.aims.gov.au/>, Acessado em out. 2008.
- Alli, M., E. Nowatzki & D. Myers (1990), Probabilistic analysis of collapsing soil by indicator kriging, Vol. 22, *Math. Geol.*, pp. 15–38.
- Apontador (2008), ‘Apontador’. Disponível em <http://www.apontador.com.br>, Acessado em out. 2008.
- Arroyo, A. & F. Santos (2005), ‘Programação para a web utilizando php’. Disponível em http://www.ccuac.unicamp.br/treinamentos/index_html?focomenu=Treinamentos&foco2=Treinamentos/66108, Acessado em out. 2008.
- B. Tragmar, R. Yost & G. Uehara (1985), Application of geostatistics to spatial studies of soil properties, Vol. 38, *Advances in Agronomy*, pp. 45–94.
- Barroso, L., M. Barroso, M. Carvalho & M. Maia (1987), *Cálculo Numérico (com aplicações)*, Editora Harbra Ltda, São Paulo, SP, Brasil.
- BHP (2008), ‘World distribution of coral reefs and mangroves’. Disponível em http://www.unep-wcmc.org/marine/data/coral_mangrove/index.html, Acessado em out. 2008.
- Borgelt, S., S. Searcy, B. Stout & D. Mulla (1994), Spatially variable liming rates: a method for determination, Vol. 37, *Translations of the ASAE*, pp. 1499–1507.

- Borges, T. & J. Souza (2005), Um protótipo de editor de imagens via web, em 'Anais do VII Encontro de estudantes de informática do estado do Tocantins', Centro Universitário Luterano de Palmas (CEULP/ULBRA), Palmas, Brasil.
- Boyer, D., R. Wright, C. Feldhake & D. Bligh (1996), Soil spatila variability relationships in a steeply sloping acid soil environment, Vol. 161, Soil Sci., pp. 278–287.
- Bresler, E., G. Dagan, R. Wagenet & A. Laufer (1984), Statistical analysis of salinity and texture effects on spatial variability of soil hydraulic conductivity, Vol. 48, Soil Sci., pp. 16–25.
- Breternitz, V. (2001), 'Sistemas de informações geográficas: uma visão para administradores e profissionais de tecnologia da informação'.
- Brookers, P. (1991), A geostatistical primer. Londres, World Scientific, p. 95.
- Bucene, L. & C. Zimback (2003), Comparação de métodos de interpolação e análise espacial em dados de ph, em botucatu-sp, Irriga Magazine, Botucatu, SP, Brasil.
- Burden, D. & H. Selim (1989), Correlation of spatially variable soil water retention for a surface soil, Vol. 148, Soil Sci., pp. 436–447.
- Cabral, I. (2006), Uma abordagem para manipulação de informações geográficas utilizando scalable vectors graphics, Dissertação de mestrado, Universidade Federal do Rio Grande do Norte - UFRN, Natal, RN, Brasil.
- Cabral, I., L. Gonçalves & N. Cordeiro (2007), Evolução e manutenção em sistemas de informações geográficas, DCA - UFRN, Natal, RN, Brasil.
- Cabral, R. & A. Alves (2004), '5º fórum internacional de software livre'. Disponível em http://g10.cttmar.univali.br/apresent/mapservers_brasil_FISL2004.pdf, Acessado em out. 2008.
- Camargo, E. (1997), Desenvolvimento, implementação e teste de procedimentos geostatísticos (krigeagem) no sistema de processamento de informações georreferenciadas (spring), Dissertação de mestrado, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE, São José dos Campos, SP, Brasil.
- CCMA (2008), 'Benthic habitat atlas of puerto rico and the u.s. virgin islands'. Disponível em <http://ccma.nos.noaa.gov/products/biogeography/benthic/pdf/cover.pdf>, Acessado em out. 2008.

- Cesar, H., L. Burke & L. Pet-Soede (2003), *The Economics of World-Wide Coral Reef Degradation*, Cesar Environmental Economics Consulting.
- Ciollaro, G. & N. Romano (1995), Spatial variability of the hydraulic properties of a volcanic soil., Vol. 65, *Geoderma*, pp. 263–282.
- Clarke, K. (1986), *Recent trends in geographic information system research*, 3, *Geo-Processing*.
- Câmara, G. (1996), *Anatomia de sistemas de informação geográfica*, UNICAMP, Florianópolis, SC, Brasil.
- Câmara, G., C. Davis & A. Monteiro (2001), *Introdução à ciência da geoinformação*, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE, São José dos Campos, SP, Brasil.
- Câmara, G., M. Casanova, A. Hemerly, G. Magalhães & C. Medeiros (1996), *Anatomia de Sistemas de Informações Geográficas*, Unicamp, Campinas, SP, Brasil.
- Coris (2008), 'Discover noaa's data'. Disponível em <http://www.coris.noaa.gov/metadata/map-search/viewer.htm>, Acessado em out. 2008.
- Cowen, D. (1995), 'Sig versus cad versus dbms: what are the differences?'
- CRA (2008), 'Coral reef alliance'. Disponível em <http://www.reefrelief.org/>, Acessado em out. 2008.
- Cremers, N., P. Vandijk, A. Roo & M. Verzandvoort (1996), Spatial and temporal variability of soil surface roughness and the application in hydrological and soil erosion modelling, Vol. 10, *Hydrol. Processes*, pp. 1035–1047.
- Dantas, V. (2005), *Disponibilização de serviços de mapas: comparativo entre software livre e software comercial*, Dissertação de mestrado, Centro Universitário Luterano de Palmas, Palmas, PR, Brasil.
- Davidoff, B. & H. Selim (1988), Correlation between spatially variable soil moisture content and soil temperature, Vol. 145, *Soil Sci.*, pp. 1–10.
- Davis, C. & G. Câmara (2004), *Banco de Dados Geográficos*, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE, São José dos Campos, SP, Brasil.
- Dias, M. (2005), *Utilização de um sistema de informação geográfica na caracterização de Áreas de dragagem*, Dissertação de mestrado, Instituto Superior de Estatística e Gestão de Informação da Universidade Nova de Lisboa, Lisboa, Portugal.

- Dirks, K., J. Hay, C. Stow & D. Harris (1998), Highresolution studies of rainfall on norfolk island part ii: Interpolation of rainfall data, Vol. 208, J. Hydrol, pp. 187–193.
- FCR (2008), 'Flórida's coral reef'. Disponível em <http://www.dep.state.fl.us/coastal/programs/coral/>, Acessado em out. 2008.
- Feitosa, C. (2005), Influência do turismo sobre a ictiofauna recifal das galés de maragogi (al) e parrachos de maracajaú (rn), Dissertação de mestrado, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, PE, Brasil.
- Ferreira, B. & M. Maida (2006), *Monitoramento dos Recifes de Coral do Brasil - Situação Atual e Perspectivas*, Ministério do Meio Ambiente, Brasília, DF, Brasil.
- Folegati, M. (1996), Estabilidade temporal e variabilidade espacial da umidade e do armazenamento de água em solo siltoso, ESALQ/USP, p. 84.
- Furquim, A. & M. Furquim (2008), 'Principais características e diferenças entre sistemas sig desktop e sig web'.
- Galán, C. (2003), *Sistemas de Información Geográfica - Aplicaciones prácticas con IDRISI32 al análisis de riesgos naturales y problemáticas medioambientales*, Editorial Ra-Ma.
- Garrett, J. (2006), 'Ajax: A new approach to web applications'. Disponível em <http://www.adaptivepath.com/publications/essays/archives/000385.php>, Acessado em out. 2008.
- GBRMP (2008), 'Great barrier reef marine park'. Disponível em <http://www.reefed.edu.au/>, Acessado em out. 2008.
- GCRMN (2008), 'Global coral reef monitoring network'. Disponível em <http://www.gcrmn.org/>, Acessado em out. 2008.
- Global, GPS (1997), 'Geoestatística'.
- Gonçalves, L. (2005), Desenvolvimento de técnicas de monitoramento ambiental usando imagens do tipo sfap obtidas a partir de helicóptero aeromodelo e subaquáticas. Projeto aprovado pelo CNPQ, Edital Universal 2005.
- Gonçalves, L. & R. Amaral (2004), 'Using small format aerial photographs (sfap) to map coral reefs in rio grande do norte, brazil', *IEEE - International Conference on Robotics and Automation* .

- Google (2008a), 'Google maps'. Disponível em <http://maps.google.com>, Acessado em out. 2008.
- Google (2008b), 'Google maps'. Disponível em <http://maps.google.com/>, Acessado em out. 2008.
- Gorni, D., M. Giannotti, A. Knopik, P. Brito & M. Rodrigues (2007), Open source web gis - sistema de informação geográfica de expedições, em 'Anais do XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto', Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE, Florianópolis, SC, Brasil, pp. 3953–3960.
- Gotway, C. & A. Hartford (1996), Geostatistical methods for incorporating auxiliary information in the prediction of spatial variables, Vol. 1, Agri., Biol., Environ. and Statistics, pp. 17–39.
- Gupta, R., P. Aggarwal & A. Chauhan (1995), Spatial variability analysis of bulk density as a guide for tillage, Vol. 43, J. Indian Soc. Soil Sci, pp. 549–557.
- Hagen, H., G. Steinebacht & M. Münchhofen (2004), Dami - data management for multimedial information systems, IEEE.
- HCRN (2008), 'Coral reefs of hawai'. Disponível em <http://www.coralreefnetwork.com/reefs/default.htm>, Acessado em out. 2008.
- Hooda, P., I. Dahiya & R. Malik (1986), Spatial variability of ground water salinity in a watershed, Vol. 34, J. Indian Soc. Soil Sci., pp. 372–378.
- Horn, R., H. Taubner, M. Wuttke & T. Baumgartl (1994), Soil physical properties related to soil structure, Vol. 30, Soil Till. Reser., pp. 187–216.
- Hosseini, E., J. Gallichand & J. Caron (1993), Comparison of several interpolators for smoothing hydraulic conductivity data in south west iran, Vol. 36, Asae, pp. 1687–1693.
- ICRAN (2008), 'International coral reef action network'. Disponível em <http://www.icran.org/>, Acessado em out. 2008.
- Isaaks, E. & M. Srivastava (1989), An introduction to applied geostatistics, Oxford Univ. Press., p. 600.

- Júnior, R. (2000), *Acessibilidade e Mobilidade na estimativa de um índice de potencial de viagens utilizando redes neurais artificiais e sistemas de informações geográficas*, Tese de doutorado, Universidade de São Paulo - USP, São Carlos, SP, Brasil.
- Kanegae, E. (2007), 'Guia de instalação mapserver'. Disponível em http://www.consultoria.eti.br/download/mapserver_guia-instalacao.pdf, Acessado em out. 2008.
- Kirda, C., G. Hardarson, F. Zapata & K. Reichardt (1988), Spatial variability of root zone soil water status and of fertilizer N uptake by forage crops, Vol. 1, *Soil Tech.*, pp. 223–234.
- Kravchenko, A. & D. Bullock (1999), A comparative study of interpolation methods for mapping properties, Vol. 91, *Agron Journal*, pp. 393–400.
- Kropla, B. (2005), *Beginning MapServer Open Source GIS Development*, second^a edição, Apress, Nova York, EUA.
- Lam, N. (1983), Spatial interpolation methods, Vol. 10, *The American Cartographer*, pp. 129–149.
- Laslett, G. (1994), Kriging and splines: an empirical comparison of their predictive performance in some applications, Vol. 89, *J. Am. Stat. Assoc.*, pp. 391–400.
- Lin, K. & B. Ludäscher (2003), A system for semantic integration of geologic maps via ontologies, *Semantic Web Technologies for Searching and Retrieving Scientific Data (SCISW)*, Sanibel Island, Flórida, USA.
- Longley, P., M. Goodchild & D. Maguire (2005), *Geographic Information Systems and Science*, second^a edição, John Wiley and Sons.
- Maes, P. (1995), Artificial life meets entertainment: Lifelike autonomous agents, Vol. 38, *Communications of ACM*, pp. 108–114.
- Map24Brasil (2008), 'Map24brasil'. Disponível em <http://www.br.map24.com/>, Acessado em out. 2008.
- Mapserver (2004), Mapserver documentation project. Disponível em <http://www.gpsglobal.com.br/Artigos/Geoestat.html>, Acessado em out. 2008.

- Mcbratney, A., G. Hart & D. Mcgarry (1991), The use of region partitioning to improve the representation of geostatistically mapped soil attributes, Vol. 42, Soil Sci, pp. 513–532.
- MCRLA (2008), 'Noaa's - global health and monitoring program'. Disponível em http://www.coral.noaa.gov/reef_maps/index.shtml, Acessado em out. 2008.
- Medeiros, L., L. Oliveira & M. Silva (2005), Sistema de disponibilização de informações geográficas do estado de goiás na internet, Dissertação de mestrado, Centro Federal de Educação Tecnológica - CEFET, Goiânia, GO, Brasil.
- Mello, C., G. Silva & J. Souza (2007), Desenvolvimento de sig para web utilizando mda, Geoinfo 2007, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE, São José dos Campos, SP, Brasil.
- Micrograf (2006), 'Projecto gisnet infraestruturas de gás em ambiente intranet'. Disponível em <http://www.micrograf.pt/gis/catalogos/gisnet.asp>, Acessado em out. 2008.
- Microsoft (2008), 'Live search maps'. Disponível em <http://maps.live.com/>, Acessado em out. 2008.
- Miranda, J. (2003), Publicando mapas na web: Servlets, applets ou cgi?, Embrapa Informática Agropecuária, Campinas, SP, Brasil, p. 38.
- Moolman, J. & L. Huyssteen (1989), A geostatistical analysis of the penetrometer soil strength of a deep ploughed soil, Vol. 15, Soil Til. Res., pp. 11–24.
- Moraes, A. (1999), *Contribuições para a Gestão da Zona Costeira do Brasil: elementos para uma geografia do litoral brasileiro*, Hucitec, Edusp.
- Myers, D. (1991), Interpolation and estimation with spatially located data, Vol. 11, Intell. Lab. Syst., pp. 209–228.
- NMS (2008a), 'Laysan island'. Disponível em <http://www.hawaiiireef.noaa.gov/visit/laysan.html>, Acessado em out. 2008.
- NMS (2008b), 'National marine sanctuaries'. Disponível em <http://sanctuaries.noaa.gov/visit/welcome.html>, Acessado em out. 2008.
- NOAA (2008), 'Coral reef conservation program'. Disponível em <http://coralreef.noaa.gov/>, Acessado em out. 2008.

- NowCast (2008), 'Web mapping portal to real-time coastal observations and noaa forecast'. Disponível em <http://nowcoast.noaa.gov/>, Acessado em out. 2008.
- NPS (2008), 'Virgin island national park'. Disponível em <http://www.nps.gov/archive/viis/VIIS/index.html>, Acessado em out. 2008.
- Openshaw, S. (1998), *Developments in geographical information systems*.
- PCRF (2008), 'Planetary coral reef foundation'. Disponível em <http://www.pcrf.org/baseline.html>, Acessado em out. 2008.
- Puentes, R., L. Wilding & L. Drees (1992), Microspatial variability and sampling concepts in soil porosity studies of vertisols, Vol. 53, *Geoderma*, pp. 373–385.
- ReefBase (2008), 'Reefbase'. Disponível em <http://reefgis.reefbase.org/mapper.asp>, Acessado em out. 2008.
- ReefRelief (2008), 'Reef relief - project living coral'. Disponível em <http://www.reefrelief.org/>, Acessado em out. 2008.
- Reichardt, K., O. Bacchi, M. Villagra, A. Turatti & Z. Pedrosa (1993), Hydarulic variability in space and time in a dark red latosol of the tropics, Vol. 60, *Geoderma*, pp. 159–168.
- Reis, L. (2005), Ajax: Introdução. Disponível em [Disponível em http://pwp.net.ipl.pt/alunos.isel/24138/AJAX/IntroducaoAJAX.pdf](http://pwp.net.ipl.pt/alunos.isel/24138/AJAX/IntroducaoAJAX.pdf), Acessado em out. 2008.
- Reynolds, W., R. Jong, S. Vieira & R. Clemente (1994), Methodology for predicting agrochemical contamination of ground water resources, Soil Quality evaluation program technical Report 4, p. 51.
- Ribeiro, P. (1995), Métodos geoestatísticos no estudo da variabilidade espacial de parâmetros do solo, ESALQ/USP, p. 99.
- Rogowski, A. & J. Wolf (1994), Incorporating variability into soil map unit delineations, Vol. 58, *Soil Sci. Soc Am. J.*, Madison, pp. 163–174.
- Romero, W. (2006), *Sistemas de información geográfica*, Salamanca, Espanha. *Disciplina Fundamentos de Sistemas de Información Geográfica - Mestrado em Sistemas de Información Geográfica*.

- RSACR (2008), 'Remote sensing applications to coral reefs, hawaii'. Disponível em <http://terraweb.wr.usgs.gov/projects/Molokai/georef.html>, Acessado em out. 2008.
- RW (2008), 'Reef world'. Disponível em <http://www.reef-world.org/>, Acessado em out. 2008.
- RWN (2008), 'International coral reef action network - icran'. Disponível em <http://www.reef-world.org/>, Acessado em out. 2008.
- S. Vieira, O. Castro & G. Topp (1992), Spatial variability of soil physical properties in three soils of são paulo, brasil, Vol. 27, *Pesq. agrop. bras.*, pp. 333–341.
- Seagethy, J. (2008), 'Millenium global coral reef mapping project eastern caribbean and atlantic'. Disponível em http://imars.marine.usf.edu/corals/maps/ec_reefs.html, Acessado em out. 2008.
- Shouse, P., W. Russell, D. Burden, H. Selim, J. Sisson & M. Genuchten (1995), Spatial variability of soil water retention functions in a silt loam soil, Vol. 159, *Soil Sci.*, pp. 1–12.
- Silva, S., R. Guarnieri, F. Martins & E. Pereira (2007), Comparação de estimativas de radiação solar fornecidas por interpolação kriging de dados de superfície e por modelo físico alimentado com dados de satélite, *Anais XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE, Florianópolis, SC, Brasil, pp. 4241–4248.
- Stein, A., M. Hoogerwerf & J. Bouma (1998), Use of soil map delineations to improve (co)kriging of point data on moisture deficits, Vol. 43, *Geoderma*, pp. 163–177.
- Terra (2008), 'Terra mapas'. Disponível em http://mapas.terra.com.br/portal_terra/light/index.php, Acessado em out. 2008.
- Theobald, D. (2001), *Understanding topology and shapefiles*, ArcUser.
- Tsou, M. (2001), *A dynamic Architecture for distributing Geographic Information Services on the Internet*, Tese de doutorado.
- USF (2008), 'Millenium coral reef landsat archive'. Disponível em <http://oceancolor.gsfc.nasa.gov/cgi/landsat.pl?t=321&path=12&row=45>, Acessado em out. 2008.

- Van, H. & C. Van (1993), Spatial nature of randomization and its effect on the outcome of field experiments, Vol. 85, *Agronomy Journal*, pp. 421–428.
- Voltz, M. & M. Goulard (1994), Spatial interpolation of soil moisture retention curves, Vol. 62, *Geoderma*, pp. 109–123.
- Wilkinson, C. (1998), *Status of Coral reefs of the World: 1998*, Australian Institute of Marine Science and the Global Coral Reef Monitoring Network, Townsville, Austrália.
- Worboys, M. (1995), 'Gis: A computing perspective'.
- Yahoo! (2008), 'Yahoo! local maps'. Disponível em <http://maps.yahoo.com/>, Acessado em out. 2008.
- Yost, R., G. Uehara & G. Fox (1982), Geostatistical analysis of soil chemical properties of large land areas, Vol. 46, *Mathematical geology*, pp. 10,33,1037.
- Zimback, C. (2003), *Geoestatística*, Grupo de estudos e pesquisas agrárias georreferenciadas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, SP, Brasil.

Apêndice A

Informações adicionais

A.1 Especificações técnicas dos equipamentos utilizados

A.1.1 Aeromodelo

Ficha Técnica:

- JR GSR260 Voyager Gas, modificado com 800 mm de lâminas e suporte para até 5,4 Kg. (ver figuras A.1 e A.2);
- Empresa fabricante: Airfoil [<http://www.airfoilhelicams.com>];
- Inclui:
 - Rádio computador JR PCM 9303;
 - Câmera JR 6102 com transmissão via rádio;
 - Giroscópio Futaba BY401 com tecnologia SMM 9254;
 - Giroscópio e estabilizador M1 Carbon para a câmera;
 - Baterias;
 - Carregadores;



Figura A.1: Aeromodelo JR GSR260 Voyager Gás



Figura A.2: Aeromodelo JR GSR260 Voyager Gás - destaque na plataforma de acoplamento da câmera

A.1.2 Filmadora

Ficha Técnica:

- Sony DCR-SR80 (ver Figuras A.3 e A.4);
- Meio de gravação: HD 60GB;
- Tempo de gravação: 14 horas em alta-definição;
- Estabilizador de imagens: Super e eletrônico;
- Lentes: Carl Zeiss Vario-Tessar;
- Zoom óptico: 12x;
- Zoom digital: 800x;
- Peso líq. aproximado: 400 gramas;
- Dimensão: 69 x 71 x 117 mm.



Figura A.3: Sony DCR-SR80



Figura A.4: Sony DCR-SR80

A.1.3 Máquina fotográfica

Ficha Técnica:

- Sony T-9 (ver Figura A.5);
- Memória: Memória interna de 58MB + cartão de memória de 1GB;
- Sensor: 6.0MP;
- Monitor: LCD 2.5" híbrido com alta nitidez;
- Lentes: CarlZeiss vario-tessar;
- Zoom óptico: 3x;
- Zoom digital: 6x;
- Peso líq. aproximado: 160 gramas;
- Dimensões aproximadas: 50,50x20,10x90 mm;
- À prova d'água: caixa estanque para profundidade de até 3 metros (ver Figura A.6).



Figura A.5: Sony T-9



Figura A.6: Caixa estanque

A.1.4 GPS

Ficha Técnica:

- Garmin eTrex Vista Cx (ver Figura A.7);
- Cartão MicroSD: 32 MB;
- Base de Dados: Pontos Marítimos;
- Base Cartográfica: Rodovias Américas;
- Cabo de interface: PC/USB.

Especificações:

- Basemap: Rodovias das Américas, com oceanos, lagos, rios, cidades, interestaduais ou principais estradas. Fronteiras políticas e ruas;
- Banco de Dados com Pontos Marítimos carregado de fábrica;
- Waypoints/Ícones: 500 com nome e símbolo gráfico;
- Trilhas: 10.000 pontos de tracklog, função TrackBack; até 20 trilhas;
- Rotas: 50 rotas reversíveis com até 250 waypoints;
- Computador de Viagem: Velocidade média e máxima zerável, nascer/pôr do sol, cronômetro da viagem e distância percorrida;
- Datums: Mais de 100;
- Formato da Posição: Lat/Lon, UTM/UPS, Maidenhead, MGRS, Loran TDs, e outros grides;
- Bússola: divisões de 1 grau com 2 graus de precisão com calibração adequada; 5 graus nas latitudes sul e norte extremas;
- Altímetro Barométrico: de -600 a 1000 metros com divisão de 0,3 e precisão de 3 metros com calibração adequada;
- Computador de Elevação: Elevação atual, elevações máximas e mínima resetáveis, razão de subida/descida, subida/descida total, subida/descida média e máxima;
- Pressão: Local (mbar/polHG), com registro da tendência da pressão em 12 horas.

Desempenho do GPS:

- Receptor: Habilitado ao WAAS e ao DGPS, 12 canais paralelos que continuamente rastreiam e atualizam a posição;
- Tempo de Aquisição: a quente: aprox. 15 segundos, a frio: aprox. 45 segundos, autolocate: aprox. 5 minutos;
- Taxa de Atualização: 1 segundo, contínua;

- Precisão do GPS: posição: <15 metros, 95% das medidas (típico), velocidade: 0.05 m/s em condição estável;
- Precisão DGPS (WAAS): posição: <3 metros, 95% das medidas (típico), velocidade: 0.05 m/s em condição estável;
- Aceleração Máxima (impactos): 6g;
- Antena: Antena interna.

Características Físicas e Elétricas:

- Peso: 150 gramas com pilhas;
- Dimensões: 100.6 x 50.5 x 30.5 mm;
- Tela: 4.3 x 3.3 cm, 256 cores, alta resolução, TFT (176 x 220 pixels) com retroiluminação;
- Corpo: À prova d'água, norma IPX7 (a 1 metro de profundidade por 30 minutos);
- Memória: não volátil;
- Alimentação: 2 pilhas "AA";
- Autonomia das Pilhas: até 20 horas.



Figura A.7: Garmin eTrex Vista Cx