



Copyright 2005, Instituto Brasileiro de Petróleo e Gás - IBP

Este Trabalho Técnico Científico foi preparado para apresentação no 3º Congresso Brasileiro de P&D em Petróleo e Gás, a ser realizado no período de 2 a 5 de outubro de 2005, em Salvador. Este Trabalho Técnico Científico foi selecionado e/ou revisado pela Comissão Científica, para apresentação no Evento. O conteúdo do Trabalho, como apresentado, não foi revisado pelo IBP. Os organizadores não irão traduzir ou corrigir os textos recebidos. O material conforme, apresentado, não necessariamente reflete as opiniões do Instituto Brasileiro de Petróleo e Gás, Sócios e Representantes. É de conhecimento e aprovação do(s) autor(es) que este Trabalho será publicado nos Anais do 3º Congresso Brasileiro de P&D em Petróleo e Gás

MODELAGEM E IMPLEMENTAÇÃO DE UM SISTEMA DE AUTOMAÇÃO DE MAPAS DE SENSIBILIDADE AMBIENTAL AO DERRAMAMENTO DE ÓLEO

Angélica Félix de Castro¹, Clenubio Feitosa de Souza¹, Venerando Eustáquio Amaro¹, Helenice Vital¹

¹ Universidade Federal do Rio Grande do Norte – UFRN, Av. Senador Salgado Filho, s/n.
Campus Universitário. CEP: 59072-970. Natal – RN, Brasil, angelica@matrix.com.br,
{[clenubio](mailto:clenubio@geologia.ufrn.br), [amaro](mailto:amaro@geologia.ufrn.br), [helenice](mailto:helenice@geologia.ufrn.br)}@geologia.ufrn.br

Resumo – O presente trabalho tem como objetivo principal desenvolver um sistema computacional capaz de automatizar o processo de confecção de Mapas de Sensibilidade Ambiental ao Derramamento de Óleo (Mapas SAO). O propósito principal é que a partir de dados inseridos pelo usuário ou de dados resgatados de um Banco de Dados Geográficos Ambientais (BDGA), o sistema possa processá-los e mostrar como resultado o mapa SAO da área geográfica desejada. Assim, o fato de automatizar computacionalmente permite que o usuário consiga maximizar com qualidade e precisão seu processo produtivo, controlando, assim, variáveis diversas e analisando todos os resultados obtidos em tempo real. Estes mapas auxiliam a reduzir as consequências ambientais em caso de derramamento de óleo e nos efeitos de contenção e limpeza/remoção, na identificação da sensibilidade de ecossistemas marinhos e costeiros, recursos biológicos e atividades sócio-econômicas que caracterizam as áreas de ocupação e o uso de recursos marinhos e costeiros. Os mapas são essenciais para: planejamento de contingência, operações de combate ao derramamento de óleo e planejamento ambiental.

Palavras-Chave: banco de dados geográficos, mapas de sensibilidade ambiental ao derramamento de óleo, automação de mapas.

Abstract – This work has as main goal to develop a computational system to automate Environmental Sensitivity Mapping to the Oil Spill (ESMOS). From data inserted by the user or data from Environmental Geographic Database, the system processes these and displays the ESMOS of the study area. To automate a computational system allows the users to maximize with quality and precision its productive process, controlling several variables and analyzing all the obtained results in real-time. These maps assist to reduce the environmental consequences of oil spilling and guide the efforts of containment and cleanness/removal by the identification of the sensitivity of coastal and marine ecosystems, biological resources and the socioeconomics activities that characterize the occupation areas and the use of the coastal and marine resources. The maps are essentials for: contingency planning, combat operations to oil spill and environmental planning.

Keywords: geographic database, oil-spill environmental sensitivity maps, maps automation

1. Introdução / Objetivos

Automatizar nada mais é que tornar automático por meio da informática os trabalhos manuais repetitivos; ou ainda, é o conjunto das técnicas baseadas em máquinas e programas com objetivo de executar tarefas previamente programadas pelo homem e de controlar seqüências de operações sem a intervenção humana. Através de intertravamentos (seqüências de programação) do sistema, o usuário consegue maximizar com qualidade e precisão seu processo produtivo, controlando, assim, variáveis diversas e analisando todos os resultados obtidos (Gomes 2004).

Dessa maneira, é interessante utilizar esse benefício tecnológico para solução de problemas, inclusive os relacionados à indústria do petróleo e gás. As atividades relacionadas à indústria do petróleo envolvem grandes riscos ambientais, face à possibilidade de contaminação do ar, dos solos e das águas por uma gama de compostos orgânicos altamente poluentes. Os riscos vão desde a extração até o consumo, sendo que os piores danos acontecem geralmente durante o transporte de combustível, com vazamentos em grande escala de oleodutos e navios petroleiros. Atualmente, as soluções mais freqüentemente utilizadas para resolver problemas de derramamento de óleo compreendem a utilização de substâncias químicas dispersantes, coagulantes e/ou uso de redes de contenção do óleo. Outra alternativa em estudo e com alta aceitação é a biorremediação, que consiste na utilização de microorganismos (ou de seus produtos) capazes de degradar o petróleo e/ou seus derivados (Rocha 2004).

Nesse sentido, a prevenção de acidentes e a preparação de medidas emergenciais são fundamentais no contexto dos vazamentos de óleo, devendo fazer parte integrante dos planos de gerenciamento das atividades do setor de petróleo. O mapeamento da sensibilidade ambiental representa uma ferramenta fundamental no que diz respeito à identificação de ambientes com prioridade de preservação, permitindo assim o direcionamento dos recursos disponíveis e a mobilização mais eficiente das equipes de proteção e limpeza (Beaumord & Ferreira 2004).

Os Mapas de Sensibilidade Ambiental ao Derramamento de Óleo (Mapas SAO), que vêm sendo utilizados desde a década de 70, representam uma importante ferramenta técnico-gerencial para a priorização dos ambientes a serem protegidos, nos quais devam ser aplicados ou concentrados esforços em casos acidentais/emergenciais, de forma a reduzir as conseqüências ambientais tanto do derrame quanto dos esforços de limpeza (PETROBRAS 2002).

As áreas sensíveis correspondem àquelas com maiores riscos tanto biológicos quanto socioeconômicos e são regiões onde, se as medidas de resposta forem bem sucedidas, resultam em significativa redução da contaminação. Os impactos de um derrame podem ser minimizados se os locais mais sensíveis ao contato ao óleo, como, por exemplo, os manguezais, puderem ser protegidos. Os mapas auxiliam no direcionamento dos recursos disponíveis de resposta a um derrame de óleo para áreas aonde a atuação dessa resposta venha a ser a mais eficaz dentro dos condicionamentos presentes. De acordo com MMA (2002) e PETROBRAS (2002), as cartas de sensibilidade incluem três tipos de informações principais: (i) sensibilidade dos ecossistemas costeiros e marinhos; (ii) recursos biológicos; e, (iii) usos humanos e infra-estrutura dos espaços e recursos (atividades socioeconômicas).

O principal objetivo desse trabalho é a automação do processo de confecção de Mapas SAO, sobretudo em áreas onde os índices empregados na caracterização do litoral variam intensamente com as variações multitemporais e processos hidrodinâmicos. A idéia é o desenvolvimento de um sistema computacional que a partir de dados inseridos pelo usuário, ou previamente armazenados em bancos de dados, o sistema possa processá-los e mostrar como resultado os Mapas SAO da área em estudo. Para atingir essa meta, é necessário o desenvolvimento de um Banco de Dados Geográficos Ambientais (BDGA) com os dados da área de estudo. Um das principais preocupações é a disponibilidade dos dados de entrada a partir do banco ou simplesmente digitados pelo usuário; após o processamento no sistema, o resultado final é o Mapa SAO. Sendo assim, automatizar os mapas de sensibilidade justifica-se pelo fato de diminuir as tarefas manuais do usuário e deixar que o sistema processe as informações de entrada, gerando como resultado mapas que possam ajudar na contenção de limpeza e planejamento de contingência caso ocorra um derramamento de óleo na costa. Essa automação tende a produzir o mapa com mais rapidez, confiança e precisão nos dados.

Isso se faz necessário no Rio Grande do Norte devido à enorme variação hidrodinâmica do local e da influência disso na linha de costa além da presença do Pólo Petrolífero de Guamaré, maior produtor terrestre de petróleo no Brasil. Para o Pólo converge todo o óleo e gás produzido na Plataforma Continental do RN e grande parte da produção terrestre. Devido a essa realidade, faz-se necessário a confecção dos Mapas SAO na área para o planejamento de contingência e avaliação de danos em casos de derramamento de óleo.

2. Metodologia Utilizada

2.1. Desenvolvimento do Banco de Dados Geográficos Ambientais

Devido a grande quantidade de dados de áreas costeiras ao norte do Estado, foi importante o desenvolvimento de um Banco de Dados Geográficos Ambientais para armazenar todas essas importantes informações, principalmente àquelas relacionadas à indústria petrolífera. Sendo assim, Castro (2002) desenvolveu um BDGA com esses dados ambientais; seguindo os passos necessários para o desenvolvimento de qualquer banco de dados: 1º) Modelo Conceitual, onde a partir da especificação de requisitos, as entidades são representadas através de seus atributos e relacionamentos que serão armazenados no banco; 2º) Modelo Lógico, usado para definir como as entidades serão armazenadas na base de dados (em tabelas, por exemplo); e 3º) Modelo Físico, estágio onde os detalhes de

implementação são definidos, descrevendo a estrutura de armazenamento e os métodos de acesso aos dados (Castro *et al.* 2003 e Castro *et al.* 2004).

Souza (2004) adaptou esse BDGA para o formato web, de maneira que pudesse ser acessado por vários usuários em diferentes localidades. Este sistema foi denominado SWIGG (Sistema Web de Informações Geográficas e Geoambientais) e para desenvolvê-lo fez-se necessário utilizar diferentes tecnologias computacionais para alcançar o objetivo desejado. O processo de desenvolvimento de software adotado foi o RUP – *Rational Unified Process* – por ser uma estrutura genérica para processos configuráveis, onde pode ser ajustado e redimensionado para atender às necessidades de projetos que variam desde pequenas equipes até grandes empresas de desenvolvimento de software (Booch *et al.* 2000).

2.2. Desenvolvimento do Sistema de Automação de Mapas SAO

Seguindo os princípios da Engenharia de Software e de Interface com o Usuário, foi desenvolvido um sistema de automatização computacional (AUTOMSA) para a confecção e desenvolvimento de Mapas SAO, a partir de acesso direto ao BDGA do SWIGG e/ou mesmo de dados digitados pelo usuário. Nos mapas três informações são básicas e extremamente necessárias: Índice de Sensibilidade do Litoral (ISL), Dados Biológicos e Dados Socioeconômicos. Sendo assim, o fluxo e processamento de dados nesse sistema são:

- Dados de Entrada:
 - Para gerar o ISL: mapa de geomorfologia da área desejada, shape com segmentos da costa, data, tipo do litoral, biota existente, tipo de substrato (além de penetração do óleo, mobilidade e trafegabilidade), declividade e largura do estirâncio, exposição à energia de ondas e marés, todos eles inseridos no sistema através de formulários de entrada desenvolvidos em HTML, Java e JavaScript;
 - Dados Biológicos: *shapes* com os polígonos onde existe biologia e a identificação de quais espécies existentes em cada polígono;
 - Dados Socioeconômicos: segmentos da costa, *shapes* com os recursos socioeconômicos existentes e informações detalhadas sobre cada uma delas (tipo, descrição, contato, telefone, endereço, fonte de informação e localização).

- Processamento dos Dados:

Em linhas gerais, o processamento do AUTOMSA funciona da seguinte maneira: o usuário requisita o serviço via *browser*, logo essa requisição é enviada para a camada de controle que decide como a solicitação do usuário deve ser tratada. Nessa camada encontram-se: o container web OC4J (Oracle Application Server Containers for J2EE) com capacidade de executar Servlets Java e páginas JSP (Java Server Pages). Estes acessam a base de dados através do JDBC (Java DataBase Connectivity) e interagem com o Oracle9iAS MapViewer através do Java Client API, para efetuar a consulta aos dados geográficos que estão armazenados no SGBD Oracle 9i, juntamente com o pacote Oracle Spatial 9i, que armazena e processa as geometrias e atributos dos dados geográficos.

Para gerar o ISL, sistema computacional recebe os dados através dos formulários preenchidos pelo usuário. Depois de processado, o software avalia os dados inseridos, principalmente o tipo de litoral naquele segmento. Essa informação é peça-chave na determinação do ISL. Definido cada ISL, o sistema atribui uma cor para cada um deles, de acordo com a tabela de cores definida em MMA (2002).

Para designar os dados biológicos, são mantidos os polígonos de entrada, cada espécie identificada recebe uma cor pré-determinada; se houver mais de uma espécie no mesmo polígono, este recebe a cor preta. Uma vez que o usuário identifica os animais existentes em cada polígono, cada um deles possui um ícone específico e o AUTOMSA insere esses ícones representativos dentro do polígono. Assim, todas as áreas com biologia terão os animais existentes representados em forma de ícones.

Na socioeconomia, depois de as atividades existentes serem inseridas pelo usuário, o AUTOMSA substitui cada uma delas pelo seu respectivo ícone. Dessa forma, todas essas informações são representadas em forma gráfica pelo sistema.

- Dados de Saída:

O AUTOMSA gera como resultado final o mapa de sensibilidade da área requisitada pelo usuário. Os dados apresentados são: as cores do ISL (numa escala de 1 a 10); a biologia existente, com as áreas hachuradas e os ícones das espécies existentes; e a sócio-economia também representada através de ícones.

Os recursos utilizados por Castro (2005) para o desenvolvimento desse sistema foram: Oracle Jdeveloper 9i (para o desenvolvimento do software); SGBD Oracle 9i, com pacotes Oracle Spatial 9i e Oracle 9iAS Mapviewer (para implementação do banco de dados geográficos do AUTOMSA) e o Oracle Application Server Containers for J2EE 10g (para suporte web).

As arquiteturas do SWIGG e do AUTOMSA funcionam da seguinte maneira:

- Camada de Visualização: Troca de informação entre o usuário e o sistema. Essa camada controla a aparência e fornece os resultados, não se preocupando como a informação foi obtida e de onde ela foi obtida. É o *browser web* utilizado;
- Camada de Controle: Decide como a solicitação do cliente deve ser tratada e que informação deve ser retornada. Controla o fluxo de apresentação, visualização e atividades;

- Camada Lógica: Faz o armazenamento e processamento dos dados que são acessados pelo usuário na primeira camada por meio dos processos executados pela segunda camada. É organizada no servidor e acessa um SGBD para gerenciamento e armazenamento de todos os dados utilizados pelo sistema. É nesse nível que existe o Banco de Dados Geográficos Ambientais.

Para implementar o banco de dados de ambos os sistemas, foi utilizado o SGBD objeto-relacional Oracle 9i, com os seguintes pacotes:

- Oracle Spatial: Pacote com um conjunto de funcionalidades e procedimentos que permite armazenar, acessar e analisar dados espaciais em um banco de dados Oracle;
- Oracle9i AS MapViewer: Complementa o Oracle Spatial provendo um mecanismo genérico, baseado na web, para processar, navegar e visualizar dados geográficos mapeados no Oracle Spatial. É uma ferramenta que serve de visualização e busca aos dados geo-espaciais;
- Oracle Intermedia: Tratamento e processamento de dados não-estruturados. Esse pacote é um recurso do Oracle9i para processar, armazenar e consultar informações em arquivos de imagens, áudio, vídeos e outros formatos.

A Figura 1 abaixo ilustra a relação entre o MapViewer e o Oracle Spatial:

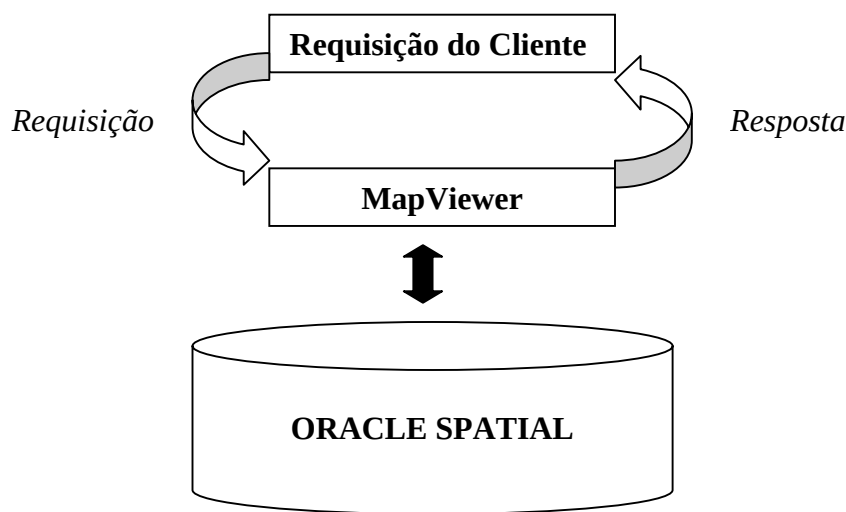


Figura 1 - Processamento da solicitação de um mapa pelo MapViewer.

3. Resultados Obtidos

O BDGA desenvolvido encontra-se disponível na WEB e pode ser acessado, desde que o usuário se cadastre previamente com *login* e senha. Os dados armazenados no BDGA são de diversos tipos, tais como: dados hidrodinâmicos, perfis de praia, dados de sensoriamento remoto, sedimentológicos, mapas temáticos, entre outros. O SWIGG é a aplicação computacional que acessa essa base de dados e exibe as informações ao usuário.

O AUTOMSA também está funcional e exibe como resultado de saída, um mapa de sensibilidade ambiental ao derramamento de óleo de uma determinada área a partir de dados inseridos pelo usuário, especificamente *shapes* e dados descritivos. Dessa maneira, o AUTOMSA processa tais informações e gera como resultado um mapa SAO com ISL da área, biologia e socioeconomia existentes.

A Figura 2 abaixo é uma das telas do AUTOMSA, onde estão sendo exibidos os ISLs da área de Guamaré, acompanhado de uma legenda de cores.

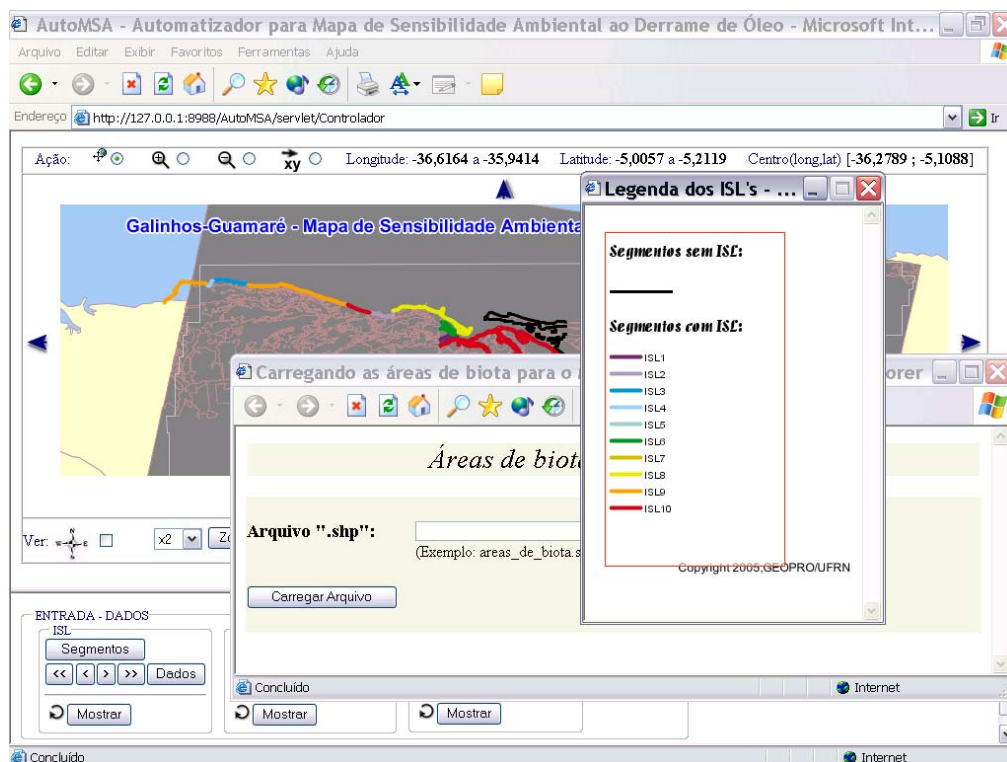


Figura 2 - Tela do AUTOMSA exibindo ISLs de Guararé e uma legenda de cores

Na Figura 3 que se segue, exib-se outra tela do AUTOMSA com a biologia projetada, juntamente com as *shapes* existentes e uma legenda das espécies biológicas presentes na área.

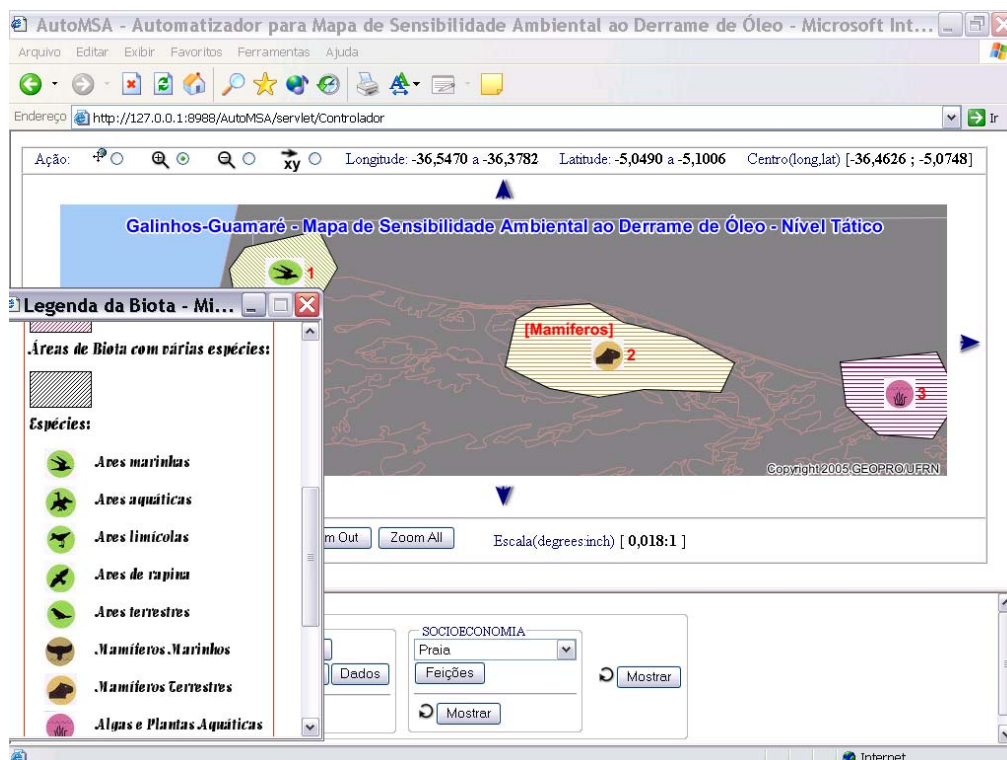


Figura 3 - Tela do AUTOMSA exibindo as áreas com a biologia existente, bem como a respectiva legenda.

4. Conclusões e Trabalhos Futuros

Os desenvolvimentos do SWIGG e do AUTOMSA foram inovações tecnológicas que auxiliaram no armazenamento e a apresentação de dados considerados importantes para estudos ambientais e para gerar mapas de sensibilidade ambiental automaticamente. Esses sistemas computacionais auxiliam aos profissionais, cientistas, pesquisadores de questões ambientais a analisarem a evolução costeira da porção norte do Estado do Rio Grande do Norte através dos dados armazenados no SWIGG, bem como acesso a informações multitemporais sobre a sensibilidade ambiental ao derramamento de óleo da linha de costa através dos mapas automáticos gerados pelo AUTOMSA.

As propostas para trabalhos futuros são aprimorar esse SWIGG para que este possa se tornar um sistema temporal, preocupando-se com o armazenamento de dados temporais em sua base; e readaptar o AUTOMSA para que este possa construir mapas operacionais e estratégicos, visto que atualmente o sistema origina mapas apenas em nível tático.

5. Agradecimentos

Os autores agradecem à Agência Nacional do Petróleo (ANP) pela concessão de bolsa durante a execução deste trabalho, por meio do PRH22-ANP; aos Projetos MAMBMARE (FINEP/PETROBRAS/CTPETRO), Projeto Cooperativo PETRORISCO (Rede 5/PETROMAR/FINEP/CNPq/CTPETRO/PETROBRAS) e PROBRAL 150-02 (CAPES/DAAD) pelo suporte financeiro. Ao Laboratório de Geoprocessamento (GEOPRO) e ao Grupo de Geologia e Geofísica Marinha e Monitoramento Ambiental (GGEMMA) do Departamento de Geologia da UFRN pela infraestrutura necessária.

6. Bibliografia

- BEAUMORD, A.C., FERREIRA, M.F. Mapeamento da sensibilidade ambiental a derrames de óleo, dos cursos de água da Bacia do Rio Canhanduba, Itajaí, SC. In: *I Encontro de Pesquisadores da Área Ambiental de Itajaí*, Itajaí, Brasil: Universidade do Vale do Itajaí, jun., 2004.
- BOOCH, G., RUMBAUGH, J. JACOBSON, I. *UML – Guia do Usuário*, Editora Campus, 2000.
- CASTRO, A. F. Modelagem e desenvolvimento de um banco de dados geográficos: Aplicação à elaboração de mapas de sensibilidade ambiental ao derramamento de óleo na área costeira entre Galinhos e São Bento do Norte – RN. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2002.
- CASTRO, A. F.; SOUTO, M. V. S.; AMARO, V. E. and VITAL, H. 2003. Desenvolvimento e aplicação de um banco de dados geográficos na elaboração de mapas da morfodinâmica costeira e sensibilidade ambiental ao derramamento de óleo em áreas costeiras localizadas no Estado do Rio Grande do Norte. *Revista Brasileira de Geociências*, 33 (2 – Suplemento): 53-64 (no prelo).
- CASTRO, A. F., GRIGIO, A.M., SOUTO, M.V.S., AMARO, V.E., VITAL, H. Modeling and Development of a Geographic Database: Application to the elaboration of oil-spill environmental sensitivity maps in coastal areas of the Rio Grande do Norte State, *Journal of Coastal Research*, SI 39, n. 1, 2004.
- CASTRO, A. F. Desenvolvimento e implantação de um Sistema de Informação Geográfica de caráter temporal para o monitoramento ambiental de áreas costeiras na porção setentrional do estado do Rio Grande do Norte. Exame de Qualificação, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2005.
- GOMES, B.S. *SENAI-RJ - Automação, Investimento que dá retorno!* Relatório Técnico, FIRJAN - SENAI-RJ - Diretoria de Tecnologia. 4p. 2004.
- MMA - Ministério do Meio Ambiente. *Especificações e Normas Técnicas para Elaboração de Cartas de Sensibilidade Ambiental para Derramamentos de Óleo*. Ministério do Meio Ambiente, Secretaria de Qualidade Ambiental nos Assentamentos Humanos, Programa de Proteção e Melhoria da Qualidade Ambiental, Projeto de Gestão Integrada dos Ambientes Costeiro e Marinho. 2002.
- PETROBRAS. *Manual básico para elaboração de mapas de sensibilidade ambiental a derrames de óleo no sistema Petrobras: Ambientes Costeiros e Estuarinos*. Petróleo Brasileiro S.A. – PETROBRAS, 2002.
- ROCHA, M.V.P. Degradação do petróleo por biossurfactante produzido por fermentação do fungo *Geotrichum* sp. submersa em resíduo agroindustrial. In: *1º Simpósio da Região Nordeste sobre pesquisa e desenvolvimento em petróleo e gás natural*, Recife, Brasil, out. 2004.
- SOUZA, C.F. *Sistema Web de Informação Geográfica para Gestão Ambiental: Monitoramento da ação da indústria petrolífera nas áreas costeiras do litoral norte do RN*. Relatório de Graduação, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 45 p. 2004.