

O uso do Sistema de Informação Geográfica para a análise integrada de dados *in situ* e de sensores remotos – Projeto FITOSAT

Alexandre Tadeu Politano¹
Cristina M. Bentz¹

¹PETROBRAS/CENPES - Centro de Pesquisas
Av. Jequitibá, 950 - Ilha do Fundão - 21949-900 - Rio de Janeiro - RJ, Brasil
{cris, politano.gorceix}@petrobras.com.br

Abstract. This Paper presents a possibility of use and space and tabular storage of data to take care of the demand of a project of research in the area of aerial-orbital to monitor. The project counted on the use of varied information, with particularities in its acquisition and physical structure. The developed GIS (Geography Information System) supported innumerable combinations allowing an extra profit in the exploration of the data.

Palavras-chave: Database, spatial analyst, GIS, geoprocessing, remote sensing, banco de dados, geoprocessamento, análise espacial, SIG, sensoriamento remoto.

1. Introdução

Buscando avanço tecnológico e científico para o monitoramento costeiro e oceânico com dados de sensores remotos, a PETROBRAS vem desenvolvendo um projeto de pesquisa denominado FITOSAT, em parceria com o INPE e universidades (UFRJ e PUC/RJ). Um dos objetivos deste projeto é promover melhorias nos métodos de detecção, coleta e análise de ocorrências ambientais, associadas à variação na atividade biológica na superfície do oceano, tais como: florações de algas, óleos biogênicos e ressurgências. Acredita-se que o estudo sistemático e integrado das características químicas, físicas e biológicas destes eventos interrelacionados, assim como o registro da sua localização, periodicidade, causas e efeitos no ecossistema são de grande valia na avaliação e monitoramento ambiental relacionados à atividade petrolífera, assim como nas ações de contingenciamento.

Eventos de florações de algas e óleos biogênicos são frequentemente confundidos com poluição, nas imagens de radar. A melhoria das técnicas de detecção e o entendimento dos fatores meteo-oceanográficos associados a estes eventos, propiciarão a redução de ambigüidades na interpretação das imagens na atividade de monitoramento orbital (Bentz et al., 2005). O conhecimento sobre a distribuição do fitoplâncton em águas oceânicas é importante para os estudos de produção primária (Lunghrust e Harrison, 1989), para a determinação do papel dos oceanos nos ciclos biogeoquímicos (Holligan et al., 1989; Deuser et al., 1990), na avaliação de impactos (Hardim, 1979), assim como para os estudos da dinâmica dos oceanos e correntes costeiras (Tyler e Stumpf, 1989).

Neste contexto, foi realizado entre os dias 21 e 28 de novembro de 2004, um cruzeiro – FITOSAT I - com a aquisição simultânea de dados *in situ* e de sensores remotos orbitais, aerotransportados e embarcados, na região da Bacia de Campos, localizada na margem continental sudeste brasileira. As coletas foram realizadas entre os limites 22° 37' e 22° 08' S e 40° 49' e 40° 00' W, e isóbatas de 48 a 949 metros (**Figura 1**). A estação mais próxima do continente ficou a 2,5 km da costa e a mais distante a 102 km.

O grande número de informações coletadas no cruzeiro motivou o desenvolvimento de um Sistema de Informação Geográfica (SIG) para o armazenamento e análise integrada dos dados do projeto. Os ecossistemas são sistemas dinâmicos não lineares e com variantes ao longo do tempo, portanto, de extrema complexidade. Assim, o armazenamento estruturado

dos dados, ao longo do tempo, permitira o acompanhamento multi-temporal, essenciais para a o monitoramento ambiental (Barczak et al.).

Este trabalho apresenta a estratégia utilizada para o armazenamento e análise integrada das informações coletadas no cruzeiro FITOSAT I, com ênfase na contribuição do uso das ferramentas de geoprocessamento e banco de dados disponíveis em SIG.

2. Dados utilizados

A coleta de dados *in situ* envolveu a aquisição simultânea de parâmetros físico-químicos, químicos e biológicos da água, em 19 estações e cinco profundidades na zona eufótica, totalizando 95 amostras. Para estas amostras foram determinados os seguintes parâmetros: temperatura, salinidade, pH, turbidez, fósforo (ortofosfato e total), nitrogênio (amônia, nitrito, nitrato), silicato, clorofila *a*, material particulado em suspensão, carbono orgânico (dissolvido e particulado), pigmentos, produção primária, produção bacteriana, contagens de bactérias autotróficas e heterotróficas, fitoplâncton, zooplâncton. Também foram realizadas medidas com CTD (Conductivity Temperature Depth) até o assoalho oceânico; assim como a aquisição de espectros de fluorescência LASER (LIDAR) e radiométricos na superfície. Informações meteorológicas e metadados das estações complementam as informações, totalizando 395 parâmetros.

Dados orbitais RADARSAT-1, Terra/ASTER (*Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer*), CBERS (*China-Brazil Earth Resource Satellite*), ENVISAT, MODIS (*Moderate-resolution Imaging Spectroradiometer*), NOAA/AVHRR (*Advanced Very-High Resolution Radiometer*) e QuikSCAT e os aerotransportados OrbiSAR-1 e R99/SIPAM compõem o conjunto de dados de sensores remotos.

Os produtos meteo-oceanográficos derivados de dados de sensores orbitais utilizados foram os seguintes: cartas de Temperatura da Superfície do Mar (TSM) originadas a partir dos dados do sensor AVHRR; cartas de concentração clorofila-*a* derivadas de dados dos sensores MODIS e cartas de direção e intensidade do campo de ventos obtidas de dados QuikSCAT.

3. Estruturação do banco de dados em SIG

O desenvolvimento do banco de dados com suporte espacial levou em conta dois tipos de informações interligadas. A primeira corresponde à representação espacial cartográfica que pode variar conforme a escala, o método de levantamento e o tipo de análise que se deseja realizar. A segunda se refere aos atributos que registram as informações quantitativas e qualitativas dos dados.

Os dados deste trabalho foram adquiridos a partir de processos distintos: coleta *in-situ*, dados processados em laboratório, dados obtidos a partir de sensores remotos (**Figura 2**). Essa particularidade inviabilizou o uso de técnicas convencionais de modelagem de banco de dados relacional. Assim, foi adotada uma abordagem evolutiva, ou seja, as informações foram modeladas no banco, na medida em que elas iam sendo geradas ou processadas, buscando-se atender às necessidades envolvidas na análise de cada parâmetro.

A estrutura de software escolhida para o desenvolvimento do SIG foi o ArcGIS 9.1 (ESRI - Environmental Systems Research Institute), utilizando um banco de dados relacional como recurso de armazenamento - Personal Geodatabase (mdb) (**Figura 3**).

O processo de modelagem do banco de dados iniciou antes da campanha. Nesta fase, o banco era formado pela representação gráfica pontual (*feature class*) da malha amostral programada e sua tabela de atributos, contendo informações possíveis de serem coletadas a bordo (metadados). Devido à imprevisibilidade de ocorrência dos eventos a serem amostrados, utilizou-se uma malha amostral móvel.

Após as coletas, na medida em que as informações dos laboratórios foram processadas as mesmas eram disponibilizadas pelos responsáveis dos laboratórios, via uma planilha eletrônica. Os formatos das planilhas foram previamente estabelecidos, para facilitar a migração para o banco de dados. As planilhas serviram como informação base para o modelo das tabelas no banco de dados. Para os relacionamentos o banco fez uso do código da estação como campo chave, todas as informações geradas foram relacionadas e espacializadas, quando as informações eram coletadas em profundidades esse atributo entrava como variável de dimensão no eixo Z.

Os dados dos sensores remotos foram armazenados no banco de dados como canais simples (imagens de radar), composições coloridas RGB (imagens CBERS, ASTER), ou como grades (Grid-ESRI) de valores reais (dados meteo-oceanográficos) (**Figura 3**).

4. Análise integrada

Com as informações estruturadas em tabelas no banco, foi possível a integração total dos dados, por intermédio de operações de relacionamentos tabulares e/ou espaciais. Essas operações possibilitaram a geração de níveis de informações derivadas, ou seja, dados secundários, oriundos de processos de análises. Em relação a esses processos espaciais, podemos destacar dois de maior importância: um fazendo uso do polígono resultante do processo de segmentação das imagens e o outro fazendo uso dos pontos de coleta.

A segmentação das imagens tem como objetivo gerar um polígono da feição de interesse sobre a imagem, esse processo foi realizado no software Ecogniton, que além de gerar o polígono contorno também calcula atributos relacionados ao processo. O polígono resultante da segmentação foi adicionado ao banco e submetido a uma análise de sobreposição (*overlay*) junto às grades meteo-oceanográficos correspondentes à data e hora da imagem segmentada, a modo de se acrescentar na tabela do polígono informações básicas de estatísticas como: média, mínimo e máximo, dos valores das grades de TSM e clorofila - a, que se sobrepõem à feição de interesse. Os pixels das grades com valores nulos, provocados muitas vezes pela presença de nuvens, foram desconsiderados nesta sobreposição (**Figura 4**).

Podemos destacar também a análise espacial envolvendo os pontos de coleta e as grades meteo-oceanográficos, que se fez necessário para a adição na tabela de atributos das estações as informações estatísticas das grades, possibilitando a comparação tabular entre a medição de campo e a derivada dos satélites. Para esse processo utilizou-se uma máscara de três por três pixels sobre a grade, sendo que o valor médio obtido pela máscara foi o utilizado para a sobreposição com os pontos, permitindo a adição desses valores na tabela da estação correspondente (**Figura 5**). Para os pixels com valores nulos foi utilizado o mesmo procedimento comentado anteriormente.

Ambos os processos anteriores envolvem operações repetitivas e buscando mecanismos de otimização de processos a ferramenta de modelagem (Model Builder - ArcGIS) foi utilizada, dessa forma o processo foi semi-automatizado acelerando a etapa de geração/popular dos dados nas tabelas entre outros benefícios. (**Figura 6**). A ferramenta em questão foi customizada com a utilização da linguagem de programação *python* permitindo um melhor ajuste das funcionalidades utilizadas para a aplicação em questão.

3. Discussão

O uso de SIG permitiu a manipulação conjunta de dados convencionais e dados espacialmente referidos. Estes últimos foram tratados segundo uma abordagem temática e orientados à aplicação, incorporando a dimensão geográfica à modelagem de dados convencionais.

Como diferencial o banco de dados espacial, SIG, permitiu além das análises já comentadas, o cálculo de novos atributos baseados em localização espacial das feições como: distâncias entre objetos, somente possíveis de serem realizadas no contexto espacial.

A modelagem espacial do banco foi adequada para o uso em SIG, possibilitando além das análises convencionais de um SIG uma abordagem em ambiente tridimensional. Esse ambiente de realidade virtual geográfica ira permitir uma futura exploração das subcamadas dos dados (perfil) (**Figura 7**).

O formato escolhido para o armazenamento dos dados do projeto se mostrou satisfatório assim também o sistema de acesso aos dados que era feito por intermédio de um projeto da aplicação, ou seja, coleção de camadas previamente organizado em mapas temático, disponível para acesso em ambiente *desktop* e ou diretamente ao banco de dados.

O ambiente integrado do SIG permitiu um pronto atendimento ao estatístico envolvido na análise/interpretação integrada dos dados, sendo efetivo na geração de novas tabelas, respondendo as solicitações de combinações tabulares e espaciais determinadas, aumento assim em muito o potencial de exploração das informações geradas no âmbito do projeto.

5. Conclusões

Durante o período do cruzeiro, não foi possível a detecção de feições de algas, porem, houve na área de estudo a concomitância de um vórtice ciclônico frontal da Corrente do Brasil com um evento de exsudação de óleo no assoalho oceânico.

A visão sinótica do vórtice só foi possível através das imagens de satélite, através destas imagens foram estimados também a localização, dimensão e período da presença desse vórtice na área de estudo.

O armazenamento das informações no ambiente SIG favoreceu a interpretação dos resultados, possibilitando a criação de vários cenários, inclusive o espaço-temporal que fizeram possível o estudo da evolução dos fenômenos de interesse ao longo do tempo (**Figura 8**).

Com o aumento no volume de dados armazenados, informações estratégicas com alto valor científico podem ser reveladas, através do uso de técnicas de mineração de dados. Podendo então descrever características do passado, assim como prever tendências para o futuro (Gimenes, 2004).

Referências

Bentz, C.M; Politano, A.T., Genovez, P.C. Monitoramento ambiental de áreas costeiras e oceânicas com múltiplos sensores orbitais. In Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR), 12. 2005, Goiânia.

GIMENES, Eduardo. Data Mining – Data Warehouse. A importância da Mineração de Dados em tomadas de Decisão. 2000. Monografia (Mestrado de Engenharia Elétrica) – Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2004.

“A lógica difusa e métodos de análises em Sistemas de Informação Geográfica” Barczak L. C. Verdinelli M A., Verdinelli ME.P., Figueiredo L.F. G.

Lunghurts, A.R.; Harrison, W.G. The biological pump: Profiles of plankton production and consumption in the upper ocean. *Progress in Oceanography*, 22:47-123, 1989

Hardim Jr., L.W. Polychlorinated biphenyl inhibition of marine phytoplankton photosynthesis in the Northern Adriatic Sea. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 16(5):559-566, 1979.

Tyler, M.A.; Stumpf, R.P. Feasibility of using satellite for detection of kinetics and small phytoplankton blooms in estuaries: tidal and migration effects. *Remote sensing of Environment*, 27(3):233-250, 1989.

Hardim Jr., L.W. Polychlorinated biphenyl inhibition of marine phytoplankton photosynthesis in the Northern Adriatic Sea. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 16(5):559-566, 1979.

Stech, J.L.; Lorenzetti, J.A.; de Souza, J.M.C.; Araujo, C.E.S. A mesoscale Brazil Current eddy observed through AVHRR images and current meter moorings. *International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing*. Vol. XXXI, Part B7. Vienna, p. 650-653, 1996

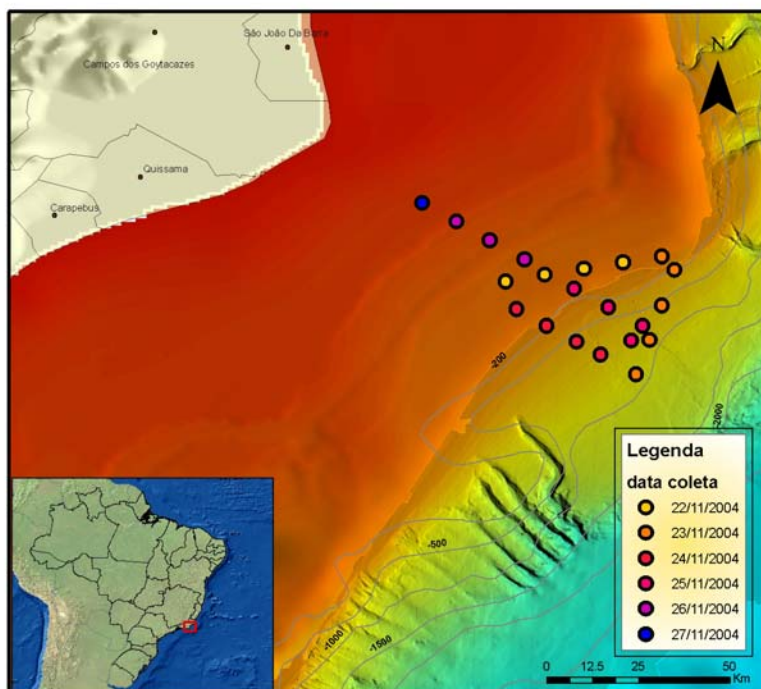


Figura 1 – Apresenta a área de estudo assim como a distribuição espacial das estações de coleta do cruzeiro FITOSAT I, agrupadas pela data de visita.

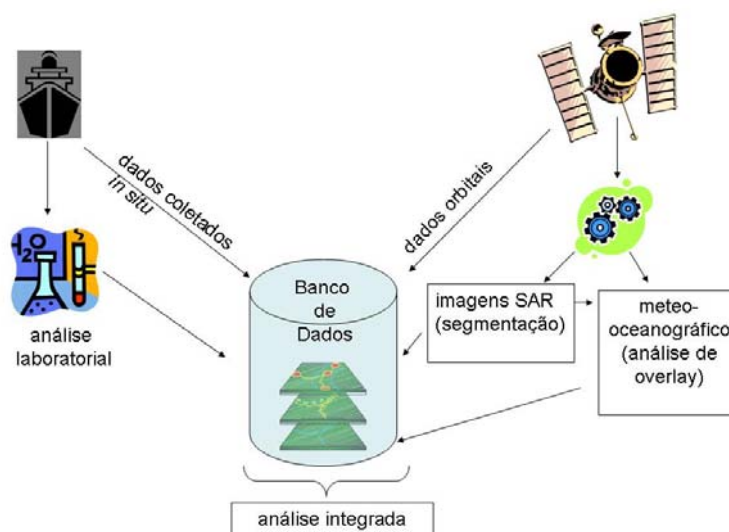


Figura 2 - Apresenta o fluxo de informação para a construção do banco, detalhando a seqüência de processos envolvidos.

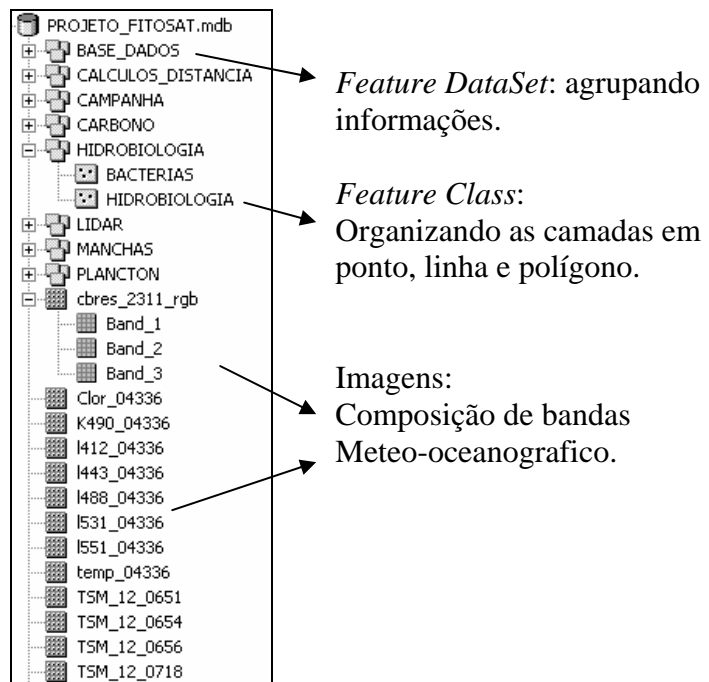
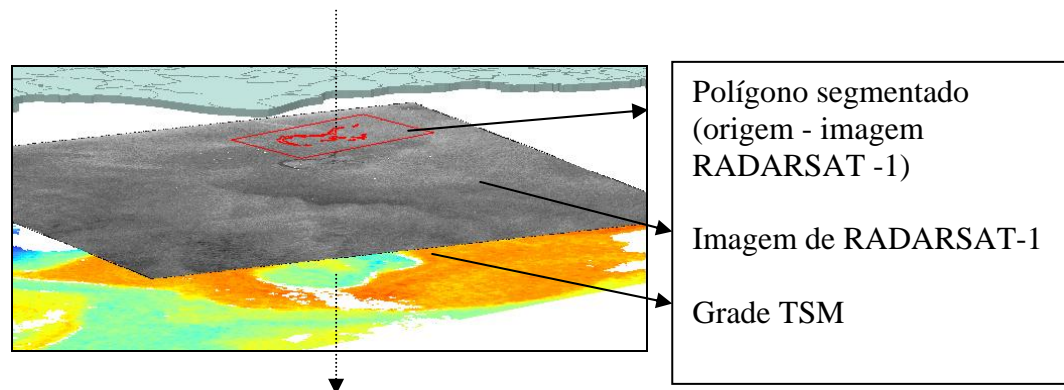


Figura 3 – Apresenta parte da estrutura utilizada no armazenamento dos dados, com ênfase nas *feature dataset*, utilizada no agrupamento dos dados pela origem da informação, *feature class* são as representações gráficas (pontos, linhas e polígonos) dos níveis de informação*, e nos dados grades (imagens) com arquivos com composição de bandas e grades com o valor digital.

* toda *feature class* possui informações tabulares interligadas as feições espacial.



Attributes of SegmentacaoXmeteo					
Chave	TSM_min	TSM_max	TSM_media	N_pixel	
RADARSAT - 1 SNAR D (23/11) - 1	23.2	24.29	23.58	25	
RADARSAT - 1 SNAR D (23/11) - 2	22.79	25.5	24.03	15	

Figura 4 - Exemplo da análise de *overlay* (sobreposição) entre a feição de interesse e a grade de TSM, essa operação disponibiliza informações estatísticas da grade, na tabela de atributos do polígono, como o apresentado na figura.

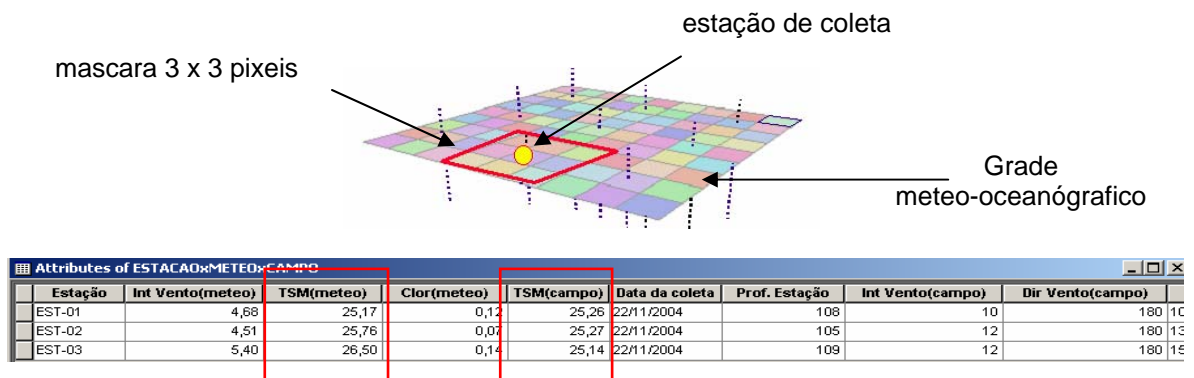


Figura 5. Apresenta o esquema utilizado para a adição dos valores médios dos atributos da grade meteo-oceanográfica na tabela das estações de coleta. Em destaque podemos conferir o resultado da operação, comparando valor calculado em campo com o obtido por satélite para temperatura da superfície do oceano.

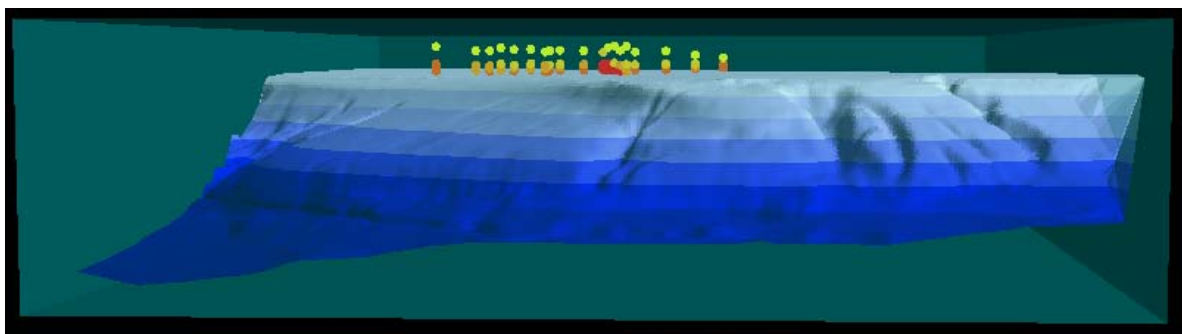


Figura 7. Visualização tridimensional da batimetria com as informações de temperatura das subcamadas de cada estação.

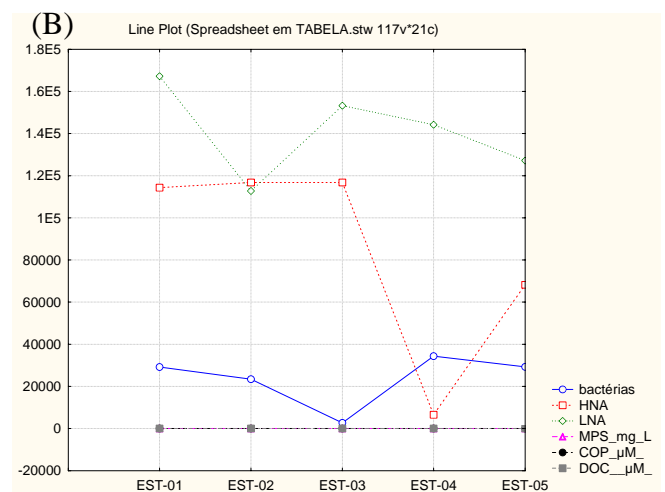
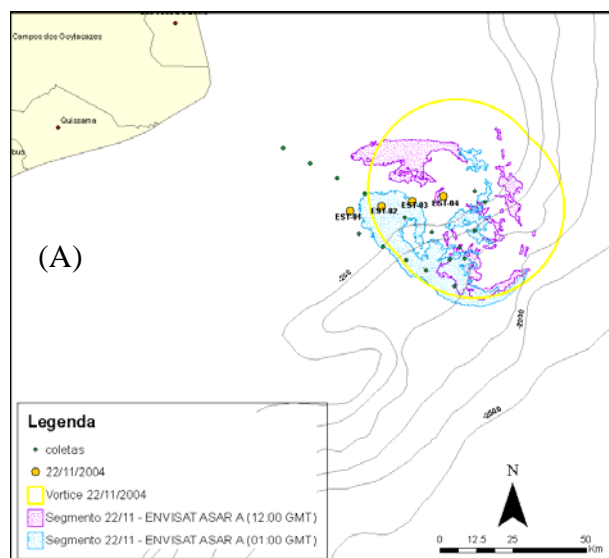


Figura 8 – (A) Apresenta um exemplo da possibilidade do SIG em desenvolver cenários e explorar temporalmente os dados. Acompanhe o deslocamento da mancha pelos polígonos de

segmento, que representam a feição de interesse das imagens ASAR (ENVISAT) para o dia 22/04/2004, representados no mapa estão as estações de coleta, enfatizando as que correspondem com o dia da imagem e uma estimativa do vórtice, criado pela interpretação da grade de temperatura do mesmo dia; (B) dispomos de um gráfico com a variação dos parâmetros físico-químicos da água para as estações visitadas no mesmo dia da imagem.

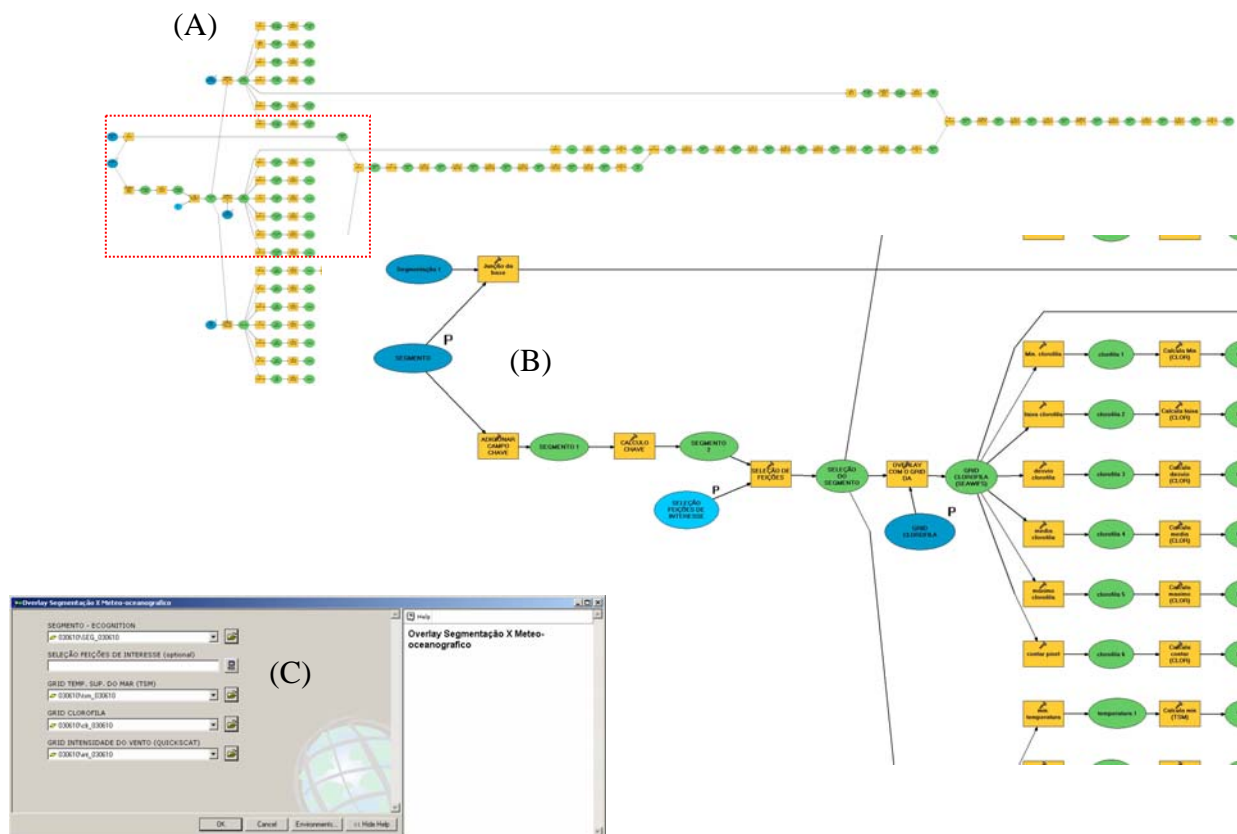


Figura 6 – Diagrama completo do modelo utilizado para otimizar a análise de *overlay* (A), em destaque parte do processo (B) os “balões” do modelo que estiverem indicados com a letra “P”, mostram quais parâmetros são de entrada do modelo, a interface de entrada (C) com os parâmetros necessários para a análise.