

Software para simulação computacional de modelos de impacto ambiental causados pelo petróleo em meio aquoso

Glauco G. de M. Melo¹, João Paulo F. de C. Freire¹, Emerson A. de Oliveira Lima¹

Resumo—O objetivo deste artigo é apresentar um software direcionado para a simulação computacional de uma mancha de petróleo em meio aquoso. Na seção de introdução é mostrado o conceito de modelagem matemática. Em seguida é informado o ambiente de desenvolvimento da ferramenta e sua usabilidade. Depois, o software é apresentado, exibindo as características do gerenciador das simulações e as janelas internas. O método disponível para a realização das simulações é rapidamente descrito, juntamente com a interpretação dos resultados e as possíveis mensagens de erro que possam vir a ocorrer nas simulações.

Index Terms—Petróleo, Modelagem Matemática, Simulação Computacional, Impacto Ambiental.

I. INTRODUÇÃO

Classicamente, um modelo matemático de um sistema ou fenômeno natural é uma descrição simplificada deste sistema ou fenômeno, cuja principal característica é a descrição da relação entre as diversas variáveis ou parâmetros do mesmo. Esta descrição é dada por equações matemáticas e o modelo é considerado tanto melhor quanto mais próximo da realidade estiverem suas previsões [2].

A principal vantagem do uso de modelos matemáticos está na possibilidade de prever comportamentos dos sistemas sem ter de realizar experimentação direta, economizando assim, tempo e recursos do experimentador. A previsão do comportamento de sistemas dinâmicos podem ser efetuadas por meio de simulação, dentre as quais se tem a simulação em escala reduzida do fenômeno a ser estudado e a simulação computacional. Existe atualmente uma ampla literatura sobre modelagem e simulação de fenômenos naturais [3][4] [5] [13] [14] de forma que a principal dificuldade no uso destes modelos está na implementação computacional dos mesmos.

O objetivo principal desse trabalho é apresentar uma ferramenta (em forma de software) para simulações computacionais em ambiente visual suportados por computadores desktop e aplicáveis ao modelo matemático de impacto ambiental proposto no presente trabalho. Essa ferramenta foi desenvolvida com o propósito de ser extensível para outros modelos em que seja viável a simulação computacional e para outras arquiteturas computacionais que suporte a Tecnologia Java [16]. As características de extensibilidade abrem espaço para novos modelos de simulação que envolvam computação inteligente que podem ser agregados

ao simulador a fim de testar sua eficiência em relação aos métodos iterativos de simulação e outros modelos clássicos.

II. AMBIENTE DE DESENVOLVIMENTO E USABILIDADE

No ambiente de desenvolvimento foram utilizados dois computadores com processadores Intel Pentium IV, com 1.7 GHz de clock externo e 256 MB de memória RAM. O software foi desenvolvido usando a Tecnologia Java [16]. Foi empregada a plataforma eclipse como editor de código-fonte e depurador [18]. O software foi testado em dois Sistemas Operacionais distintos: o Windows XP Professional Edition e o Red Hat Linux 8.0. A efetuação dos testes nesses dois Sistemas Operacionais permitiu maior portabilidade do código-fonte, gerando apenas um único produto compatível nos dois ambientes.

Com relação à usabilidade do produto final, houve uma maior preocupação com a visualização dos resultados e a facilidade de utilização de um programa voltado para o usuário final. Softwares de fácil uso são difíceis de implementar por levar em consideração as imprevisibilidades e erros de entrada de dados que venham a ocorrer com o seu uso.

III. APRESENTAÇÃO DO SOFTWARE

O software desenvolvido tem como objetivo principal a visualização dos resultados de simulações de difusão de petróleo em meio aquoso, além de outras funcionalidades que tornam o produto mais completo, tais como: impressão e pré-visualização da impressão dos mapas e informações das simulações, manipulação e tratamento das imagens dos mapas, arquivamento e resgate das informações das simulações (arquivos com extensão própria para o software), entre outras funcionalidades. Essas características adicionais podem ser incorporadas a novos métodos de simulação para o problema em questão ou para novos modelos matemáticos que possam usufruir desses recursos. A figura 1 mostra a visão geral da ferramenta desenvolvida.

A. Janela Principal

Basicamente, o simulador consiste de uma janela principal que gerencia janelas internas independentes entre si. Cada uma dessas janelas visualiza uma simulação diferente, com informações e parâmetros próprios. O que é visto na figura 1 são disposições diferentes de um mesmo mapa a ser simulado, dos quais um deles é o mapa original e o outro é o mapa rasterizado em setores, indicando em azul os setores que prevalecem os pixels representativos

1. Departamento de Estatística e Informática, Universidade Católica de Pernambuco, Rua do Príncipe 526, Boa Vista, CEP 50050-900, Recife-PE. Fone: 55 81 3216-4000 - Fax: 55 81 3423-0541, e-mails: glaucio.melo@gmail.com, jpfreire@gmail.com, eal@dei.unicap.br

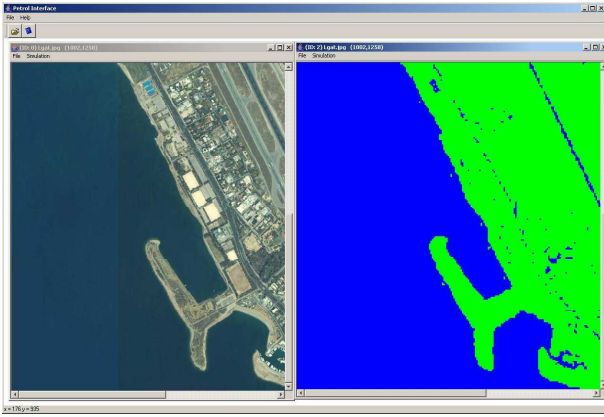


Figura 1. Visão do Simulador

para o meio aquoso e em verde os setores que representam o meio terrestre do mapa.

A janela principal possui a função de abrir imagem a ser simulada ou de consultar os tópicos de ajuda do software. Os formatos de imagem suportados pelo simulador são a JPG, JPEG e GIF. O formato dos tópicos de ajuda são dispostos em HTML e pode ser visualizado dentro do próprio simulador, com as opções de documentação técnica (para desenvolvedores de software) e documentação funcional (para usuários finais).

As simulações realizadas nas janelas internas podem ser colocadas em arquivos e resgatadas para uso posterior. Esses arquivos possuem a extensão OIL e podem ter seus atributos principais visualizados sem precisar abrir o mapa. As informações são úteis para o usuário identificar de qual imagem de simulação aquele arquivo OIL pertence e as informações dos últimos parâmetros colocados como entrada na simulação. O software também possibilita que apenas o caminho da imagem contida dentro de um arquivo OIL possa ser alterado.

B. Janelas Internas

As janelas internas são acionadas quando a imagem da simulação é carregada. Cada janela interna possui uma linha de execução independente, fazendo com que o gerenciador continue disponível mesmo quando a simulação em uma das janelas internas seja disparada. A figura 2 exibe a janela interna dando ênfase aos detalhes de uma simulação em um dado mapa.

C. Funcionalidades das Janelas Internas

As janelas internas oferecem uma série de recursos de apoio à simulação. Algumas funcionalidades são expostas a seguir.

C.1 Abrir Simulação em formato OIL

Exibe a situação atual da simulação no momento que em a simulação foi gerada para arquivamento.

C.2 Divisão do mapa em setores computáveis

Transforma uma imagem de mapa em uma matriz de setores de duas cores: verde para as regiões de terra e azul

para as regiões de água. Os parâmetros de comprimento e altura do modelo individual do setor na matriz de setores e o parâmetro de percentual de água são exigidos. Para o parâmetro de percentual de água, caso os pixels azuis vençam em quantidade dentro de um determinado setor, pinta-se de azul o setor; do contrário pinta-se o setor de verde. O resultado de uma setorização pode ser visto na figura 1 com o mapa antes de depois de ser setorizado. A divisão em setores é um requisito necessário para a simulação, pois os mapas divididos em setores proporcionam a cada setor atributos próprios e bem definidos, além de deixar os métodos de simulação mais rápidos, dependendo da dimensão individual do setor.

C.3 Salvar uma simulação no formato OIL

Salva a simulação no formato OIL. Só poderá ser efetuado se o mapa estiver, no mínimo, dividido em setores.

C.4 Impressão da Simulação

Recurso de impressão da simulação, juntamente com seus parâmetros de entrada.

C.5 Recarregamento da imagem inicial

Desfaz todas as alterações feitas na imagem, voltando ao estado que estava no momento em que foi carregada.

C.6 Visualização da simulação na imagem original

A visualização da mancha pode ser feita sem que a imagem de mapa tenha que ser mostrada no formato de duas cores. Essa funcionalidade só pode ser ativada se o mapa estiver devidamente setorizado. Útil quando se precisa ver informações do mapa que o esquema de duas cores não consegue visualizar, como coordenadas geográficas ou legendas.

C.7 Transformação do Mapa em duas Cores

Transforma uma imagem de um mapa em uma imagem de duas cores: verde para as regiões de terra e azul para as regiões de água. É importante observar que esse recurso é utilizado para filtrar imagens para duas cores de maneira rápida (sem criação de setores) para mapas menos legíveis para a setorização. A imagem só volta ao seu estado inicial nessa janela se a imagem for recarregada.

C.8 Métodos de simulação

Espaço reservado para incluir os métodos de simulação a serem executados na janela interna. Nesse simulador está disponível o Método de Percolação Perturbativa.

C.9 Uso do Mouse nas simulações

O software provê recursos de mouse para facilitar o uso das simulações. Pode-se pintar com óleo ou água as regiões que não sejam terra (no mapa), ampliação de regiões específicas para simulação e visualização dinâmica das concentrações de petróleo nos setores no mapa. Também é possível colocar barreiras de contenção no mapa, para evitar que uma determinada área não seja afetada pela simulação.

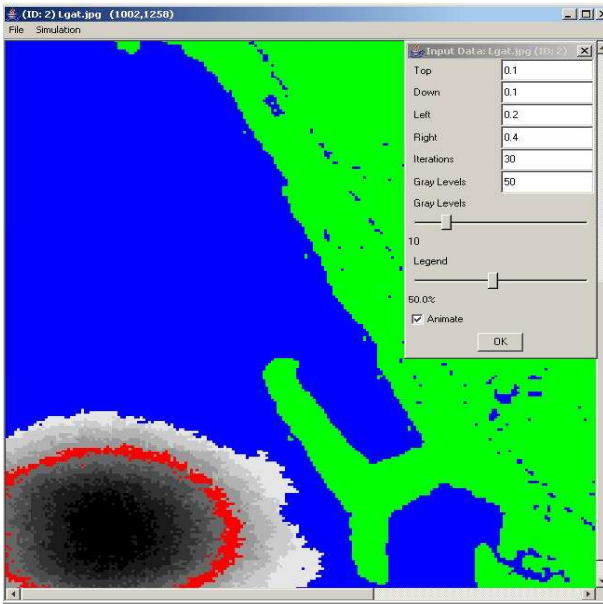


Figura 2. Visão da Janela Interna

D. Método de Percolação Perturbativa

Esse é o método de simulação disponível para o ambiente visual de simulação apresentado nesse artigo, sendo este uma variante do modelo *Random Walk* [9], dentro das devidas restrições do problema em questão.

O critério de difusão na matriz de setores (imagem de mapa setorizado) é aplicado quando um setor tem concentração ativa (diferente de zero). Para o setor marcado, é avaliada as probabilidades do setor atual difundir para cima, baixo, esquerda e direita ou não-difusão, (P_T , P_D , P_L , P_R , P_N) com a soma dessas probabilidades menores ou iguais a um, com $P_N = 1 - P_T + P_D + P_L + P_R$.

$$\begin{array}{c|c|c} & P_T & \\ \hline P_L & P_N & P_R \\ \hline & P_D & \end{array}$$

Caso um setor esteja marcado com óleo, são gerados números aleatórios, que comparados às probabilidades fixas, determinam se há difusão ou não. Sendo p a variável aleatória e P a probabilidade fixa, Se $p < P$ há difusão para a coordenada que estiver sendo avaliada; do contrário, não há difusão. No caso afirmativo, o critério de difusão é

$$C'_C = C'_C + \frac{C_N \cdot \alpha(P_C)}{(n+1)} \quad (1)$$

$$\alpha(P_C) = \begin{cases} 0, & \text{se } p \geq P \\ 1, & \text{se } p < P \end{cases}$$

Em que:

- C_N : Concentração referente ao setor atual.
- n : número de vitórias (incidências de $\alpha(P_C) = 1$ nas adjacências de C_N).
- C'_C : Nova concentração em uma coordenada c qualquer (cima, baixo, esquerda ou direita).

D.1 Interpretação dos Resultados da Simulação

A figura 2 dispõe de um exemplo de um resultado de uma simulação em um dado mapa. Como se pode observar, a região marcada com faixas de cinza corresponde aos níveis de concentração da mancha de petróleo, onde a região mais escura é o local onde existe maior concentração de petróleo relativo à concentração total. A caixa de diálogo à direita do mapa contém os parâmetros de entrada do método de percolação perturbativa, opções de visualização das legendas das concentrações e ativação dos recursos de animação da simulação. No que se refere às legendas das concentrações, a caixa de diálogo do método de simulação possui duas barras deslizantes, onde a primeira trata dos níveis de cinza da legenda e a segunda trata da visualização de uma faixa específica dessa legenda. Na figura 2 a simulação possui 10 faixas de cinza e a região destacada em vermelho é ativada pela segunda barra deslizante, indicando que a região destacada possui 50% de concentração em relação à concentração total. Essas barras deslizantes são atualizadas dinamicamente de acordo com as preferências do usuário, facilitando assim a interpretação do fenômeno que está sendo analisado. O recurso de animação da simulação é ativado na caixa de texto da parte inferior da entrada de parâmetros, onde a difusão da mancha pode ser observada no momento em que os setores vão sendo invadidos pelo petróleo.

E. Mensagens de erro

O software possui recursos de aviso para o usuário no caso de haver alguma operação ilegal na entrada dos dados ou quaisquer erros inesperados que possam vir a ocorrer. As possíveis mensagens de erro são listadas a seguir.

E.1 Invalid URL

Esse tipo de erro ocorre quando se colocou um endereço que não existe ou que não está disponível na máquina ou na Internet.

E.2 Invalid File Format

Ocorre quando se está tentando abrir uma imagem de mapa que está com seu formato corrompido ou se apresenta incompatível para exibição.

E.3 Out of Memory Error

Ocorre quando a dimensão elementar do setor é muito pequena e a imagem carregada é muito grande, gerando um número muito grande de setores e ultrapassando assim o limite de memória alocada para o software. Esse erro também ocorre em outras partes do software, mas é sempre uma resultante da divisão do mapa em setores pequenos. A solução para evitar esse problema é colocar dimensões maiores nos parâmetros de comprimento e altura do setor elementar.

E.4 Invalid Number Format

Ocorre quando se colocam formatos errados nas caixas de textos para entrada de parâmetros.

E.5 No black Sectors on the Map

Ocorre quando não se pinta a mancha inicial antes de ativar um método de simulação.

E.6 Incompatible File format for Map

Ocorre quando se tenta abrir um arquivo OIL para uma imagem diferente da realizada na simulação que o arquivo gravou.

E.7 Image Sectoring is not activated

Ocorre quando se tenta acionar um método de simulação sem antes ativar a divisão do mapa em setores.

E.8 No print Service Found

Ocorre quando se ativa o recurso de impressão ou configuração de páginas para a saída dos resultados e não há impressoras instaladas no sistema em que o software está executando.

IV. CONCLUSÕES

Foi visto no presente trabalho um software de simulação computacional para modelos de impacto ambiental causados pelo petróleo em meio aquoso, funcionando como um arcabouço para modelos de simulação. O produto foi desenvolvido vislumbrando a expansão de suas funcionalidades, dentro dos padrões em que a ferramenta foi desenvolvida. Sobre os resultados de implementação, a ferramenta foi desenvolvida juntamente com um manual (para usuários) e documentação detalhada das classes (para desenvolvedores) sobre todas as funcionalidades suportadas por este software. A visualização dos resultados das simulações é de grande importância para o usuário final, pois essas informações visuais agregam maior valor aos resultados das simulações, facilitando dessa forma uma melhor tomada de decisão para minimizar os efeitos de uma situação real de um possível impacto ambiental.

O software apresentado neste trabalho buscou oferecer resultados mais expressivos dos resultados de simulações desta natureza, tornando disponível para o usuário do software uma análise mais simplificada das simulações com resultados visuais que agregam as informações de uma matriz de resultados. A disponibilidade de uma ferramenta visual para novos modelos (modelos estes que também são incluídos os de computação inteligente) tornará mais facilitado o uso e manipulação de informações processadas nas simulações.

REFERÊNCIAS

- [1] Klaus-Jürgen Bathe, *Finite element procedures*, Prentice-Hall, 1996.
- [2] E. Batschelet, *Matemática para Biocientistas*, Blüschner, 1989.
- [3] E. B. Becker, G. F. Carey and J. T. Oden, *Finite Elements v. 1. An Introduction*, Prentice-Hall, 1981.
- [4] E. B. Becker, G. F. Carey and J. T. Oden, *Finite Elements v. 2. A Second Course*, Prentice-Hall, 1981.
- [5] E. J. P. Benqué, A. Hauguel, and P. L. Viollet, *Engineering Application of Computational Hydraulics*, H. Pitman, 1982.
- [6] I. Cuesta, F. X. Grau, and F. Giralt, *Numerical Simulation of Oil Spills in a Generalized Domain*, Oil & Chemical Pollution, no. 7, pp. 143-159, 1990.
- [7] Extreme Programming Resource, Disponível em <http://www.xprogramming.com>, Data de acesso: Janeiro de 2003.
- [8] J. A. Fay, *The Spread of Oil Slicks on a Calm Sea*, Oil in the Sea, Plenum Press, pp. 53-63, 1969.
- [9] Harvey Gould, and Jan Tobochnik, *An Introduction to Computer Simulation Methods*, Second Edition, Addison-Wesley Publishing Company, 1996.
- [10] G. I. Marchuk, *Mathematical Models in Environmental Problems*, North Holland, 1986.
- [11] *Método dos elementos finitos, apostilas e notas em português e inglês*, disponível em <http://www.tecgraf.puc-rio.br/amiranda/MEF/MEF.html>. Data de acesso: Fevereiro de 2003.
- [12] J. F. C. A. Meyer, *Derrames de Petróleo em Águas Costeiras: Modelagem Matemática e Simulação Numérica*, IIIo Simpósio de Ecossistemas da Costa Brasileira, pp. 238-247 - Serra Negra - São Paulo, 1993.
- [13] J. D. Murray, *Mathematical Biology*, Biomathematics #19, Springer, 1989.
- [14] E. C. Pielou, *Mathematical Ecology*, Wiley Interscience, 1997.
- [15] *Sistema de modelação MOHID, método dos elementos finitos*, disponível em <http://194.65.82.105/Estuarios/Inicio/Mohid2000.htm>. Data de acesso: Março de 2003.
- [16] *Java Technology*, disponível em <http://java.sun.com>. Data de Acesso: Março de 2005.
- [17] *Java Almanac 1.4*, disponível em <http://javaalmanac.com>. Data de acesso: Março de 2005.
- [18] *Eclipse Platform*, disponível para download em <http://www.eclipse.org>. Data de Acesso: Abril de 2005.