

MODELAGEM COMPUTACIONAL DA PLUMA DE CONTAMINANTES DE UM EMISSÁRIO SUBMARINO COM DECAIMENTO BACTERIANO VARIÁVEL

Osvaldo Moura Rezende, Gustavo Spiegelberg e Paulo Cesar Colonna Rosman

COPPE/ UFRJ, Brasil

gspiegelberg@peno.coppe.ufrj.br, om.rezende@hidro.ufrj.br e pccrosman@ufrj.br

Introdução e Objetivos

Este trabalho apresenta uma avaliação da eficiência do emissário submarino da cidade de Rio das Ostras, no litoral Sudeste do Brasil. A avaliação foi feita através de modelagem computacional utilizando o SisBaHiA® – Sistema Base de Hidrodinâmica Ambiental desenvolvido na COPPE/UFRJ, vide www.sisbahia.coppe.ufrj.br.

Para cidades litorâneas, a disposição final dos efluentes é usualmente o mar, aproveitando a capacidade de autodepuração das águas marinhas que promovem a diluição, a dispersão e o decaimento das cargas poluidoras. O transporte do esgoto sanitário até o mar se faz por meio de um emissário submarino, geralmente precedido por um interceptor de esgotos e um emissário terrestre.

Modelos computacionais têm sido usados para simulação de padrões de circulação hidrodinâmica e de qualidade da água em estudos ambientais em águas costeiras, estuários, baías, lagoas e reservatórios. Esses modelos fazem uso de aproximações para resolução de equações matemáticas governantes de determinado processo físico, simplificando o fenômeno estudado à escala de interesse do objeto em estudo.

Neste trabalho foi aplicado um sistema de modelos computacionais para simular a circulação hidrodinâmica e o transporte de contaminantes na região de influência do Emissário Submarino de Rio das Ostras. Deste modo, foi possível desenvolver uma análise da região costeira em estudo e avaliar os possíveis efeitos da pluma efluente sobre as condições de balneabilidade das praias adjacentes ao emissário.

No caso do estudo da pluma do emissário submarino, os agentes considerados para avaliação da circulação hidrodinâmica foram principalmente ventos e marés, além da vazão do rio que deságua nas cercanias. O decaimento bacteriano da pluma de coliformes foi avaliado considerando uma variação horária do T_{90} ao longo das horas do dia. O parâmetro T_{90} representa o tempo requerido para decaimento de 90% da massa de um dado constituinte, no caso bactérias do grupo coliformes.

Metodologia

O sistema de modelos adotado no trabalho foi o SisBaHiA[®] – Sistema Base de Hidrodinâmica Ambiental. Trata-se de um sistema profissional em ambiente Windows, registrado pela Fundação Coppetec, órgão gestor de convênios e contratos de pesquisa da Coordenação de Programas de Pós Graduação em Engenharia (COPPE) da Universidade Federal do Rio de Janeiro, UFRJ.

O sistema de modelagem é composto por vários módulos. No caso em estudo, utilizou-se o modelo hidrodinâmico 3D para a geração de um campo de velocidades e posterior aplicação no módulo de transporte, que exige em paralelo a aplicação de um modelo de campo próximo. O campo próximo é uma região de intensa turbulência, na qual a circulação hidrodinâmica é influenciada pelo jato efluente da tubulação difusora do emissário submarino.

Para determinação das condições de campo próximo, utilizou-se o modelo RSB, de modo a se obter a diluição mínima inicial S_m , a altura do topo da pluma em relação ao fundo z_e , sua espessura h_e , o espalhamento lateral w e o comprimento da região de mistura inicial x_i . Esses parâmetros podem ser vistos na Figura 1.

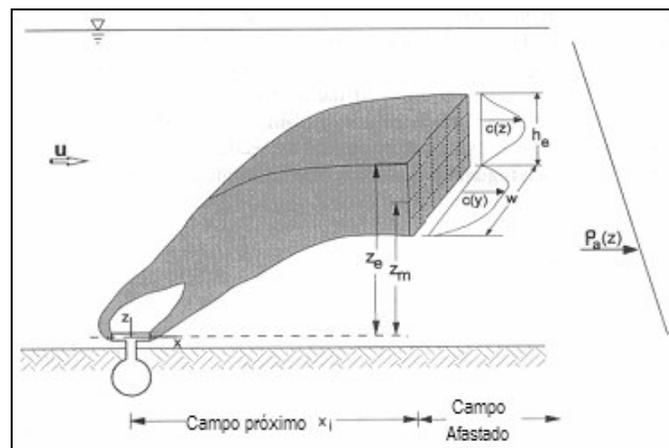


Figura 1.- Região de mistura inicial (campo próximo)

O modelo hidrodinâmico é usado para calcular os campos de velocidades que são usados para transportar a pluma de efluentes no modelo de transporte. O campo hidrodinâmico foi obtido através da maré e de dados de ventos medidos na cidade de Cabo Frio. A maré foi calculada a partir das constantes harmônicas obtidas no *Catálogo de Estações Maregráficas Brasileira*, FEMAR- Fundação de Estudos do Mar.

No modelo de transporte lagrangeano do SisBaHiA[®], a mancha ou pluma é representada por uma nuvem com inúmeras partículas, e o problema principal passa a ser o de computar a posição no espaço contínuo de cada partícula.

A região fonte emite continuamente partículas com curva de decaimento referente à hora do dia em que esse conjunto de partículas foi lançado no meio. Em um dia existem curvas de decaimento associadas a cada hora, resultando num total de 24 fontes/dia. A fonte emite partículas com uma determinada curva de decaimento durante uma hora, quando é desligada e outra fonte com a curva de decaimento da hora de emissão é acionada, durando novamente mais uma hora, e assim por diante até completar um dia inteiro, quando as fontes são reiniciadas para o dia seguinte. Cada fonte pode ter vazão e carga diferentes além da curva de decaimento.

Para o cálculo do T_{90} variável ao longo do dia, foi utilizado o modelo desenvolvido por Feitosa (2007). Os dados de entrada utilizados são a localização geográfica (latitude e longitude), temperatura da água na zona da pluma (22°C), profundidade Secchi (9m), altitude (0 – nível do mar), constante solar ($116,4 \text{ cal/cm}^2\text{h}$), condição do tempo, salinidade (35‰), profundidade do topo da pluma (0 – superfície) e sua espessura (10m).

O gráfico apresentado na Figura 2 mostra a tendência de decaimento da bactéria lançada em cada hora do dia. Observe que as partículas que "nascem" durante o dia têm decaimento mais rápido. F1 a F24 significam fonte a cada hora do dia.

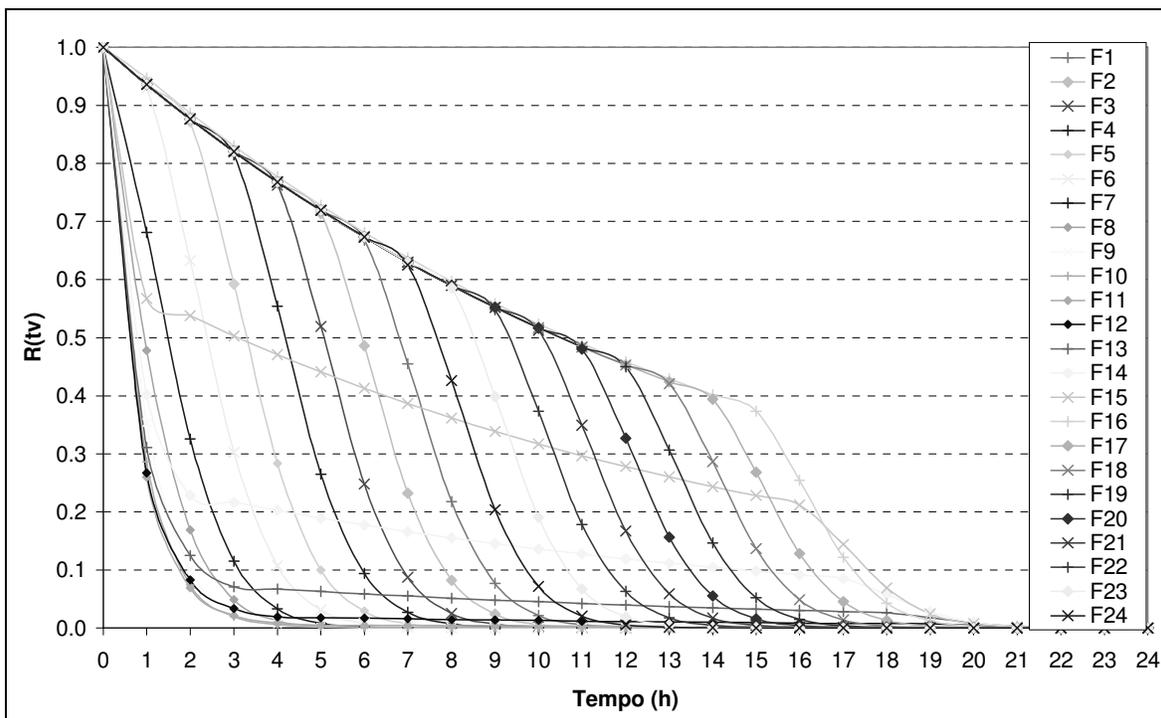


Figura 2.- Curvas da Taxa de Decaimento Bacteriano para cada horário do dia em situação de inverno com dia parcialmente nublado

Avaliação de Resultados

Foram simulados dois cenários com o objetivo de representar duas situações de tempo distintas, típicas da região. Para isso foram utilizados dados medidos de vento em uma cidade próxima durante 26 dias de verão e 26 dias de inverno.

Para análise dos resultados foram considerados os instantes com maiores velocidades para maré de quadratura e de sizígia.

De modo a avaliar a possibilidade da pluma de contaminantes comprometer as condições de balneabilidade impostas pelo CONAMA, foram feitos mapas de isolinhas de probabilidades de ocorrência de concentrações maiores que a permitida pela Resolução CONAMA 274, ou seja, $C > 1000$ NMP/100ml. A Figura 3 mostra o mapa de isolinhas de probabilidade para a situação típica de verão.

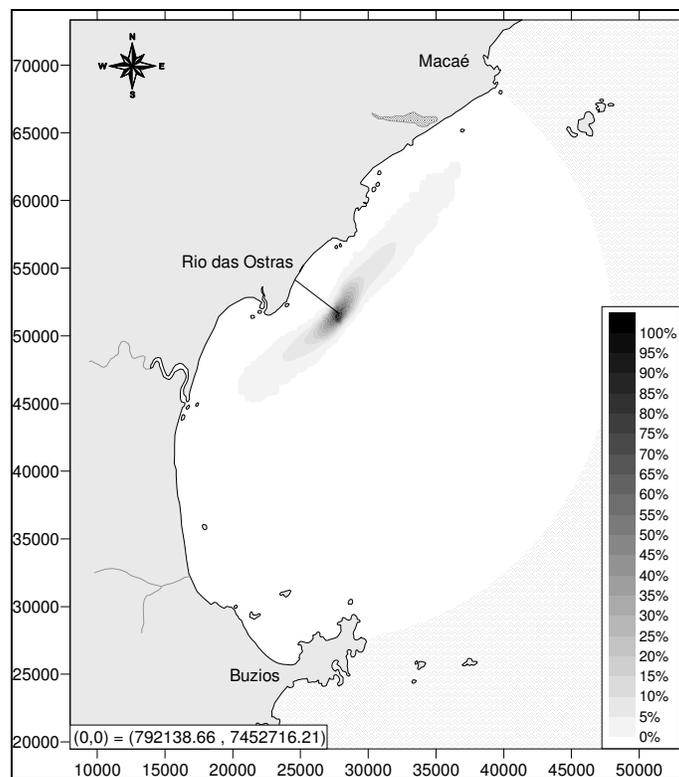


Figura 3.- Isolinhas de probabilidade de passagem da pluma do emissário com concentração de coliformes > 1000 NMP/100ml, valor limite estabelecido para balneabilidade segundo o CONAMA.

Conclusões

O uso dos modelos hidrodinâmico e de transporte de contaminante do SisBaHiA[®] se mostrou adequado para estudar os efeitos da pluma no campo afastado. A consideração do T_{90} variável é mais realista uma vez que considera o efeito da variação da radiação solar sobre o decaimento bacteriano. A técnica considera como variáveis determinantes para o decaimento bacteriano, a salinidade, temperatura e a radiação solar.

De acordo com os resultados obtidos verifica-se o não comprometimento das condições de balneabilidade. Os contaminantes não atingem a região litorânea, uma vez que na região em estudo as correntes são praticamente paralelas à costa.

Referências Bibliográficas

Feitosa, R. C. (2007). “Acoplamento de modelos de campo próximo e campo afastado com cinética de decaimento bacteriano variável - aplicações em emissários submarinos”. Tese de D.Sc. COPPE / UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

Feitosa, R. C. e Rosman, P. C. C. (2007). “Emissários submarinos de esgoto: aspectos de qualidade de água e modelagem computacional”. *Métodos Numéricos em Recursos Hídricos (Vol. 8)*, Capítulo 1, Associação Brasileira de Recursos Hídricos – ABRH.

Rosman, P. C. C. (1997). “Subsídios para Modelagem de Sistemas Estuarinos”. *Métodos Numéricos em Recursos Hídricos (Vol. 3)*, Capítulo 3, Associação Brasileira de Recursos Hídricos – ABRH.

Rosman, P. C. C. (2007). *SisBAHIA – Sistema Base de Hidrodinâmica Ambiental – Documentação de Referência Técnica*. COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil (www.sisbahia.coppe.ufrj.br).

Topázio, E.F. (2003). “Modelagem de pluma de emissários com T_{90} variável na costa oceânica de Salvador, BA”. Tese de M.Sc. COPPE / UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.