
Terminal de Contêineres de Paranaguá – TCP –

ANEXO

**RESPOSTAS AO DOCUMENTO INF.
02610.000036/2016-14-
ESREG/ITAJAÍ/SC/IBAMA, REITERADO PELO
PARECER 02017.000033/2017-52-
NLA/PR/IBAMA**



Março de 2017

Respostas ao Documento INF. 02610.000036/2016-14 ESREG / ITAJAÍ / SC / IBAMA, reiterado pelo Parecer 02017.000033/2017-52-NLA/PR/IBAMA

Encaminhamos no presente documento as respostas aos questionamentos do Parecer Técnico 02017.000033/2017-52-NLA/PR/IBAMA, que é uma reiteração dos questionamentos e solicitações do Parecer Técnico 02017.000147/2016-NLA/PR/IBAMA do processo 02001.003635/2015-79, que versa sobre o Licenciamento Ambiental do Projeto de Complementação das Obras de Ampliação do Terminal de Contêineres de Paranaguá – TCP.

Nesse sentido, apresentamos aqui as respostas aos questionamentos realizados.

Questionamento 1:

Com relação ao que a empresa considerou como "Questionamento 1" a simples informação quanto a classificação do estuário não é suficiente. A questão levantada nas considerações finais tinha o intento de que tal informação fosse comparada com os dados obtidos por ela nos levantamentos, de forma a identificar se o modo utilizado nas simulações (Barotrópico) era capaz de descrever adequadamente a circulação da região. Caso se identificasse estratificação na coluna d'água o padrão de circulação deveria ser descrito por um modelo que pudesse reproduzir tal comportamento o que poderia fazer com que as rodadas tenham que ser elaboradas em modo Baroclínico. Desta forma reitera-se o questionamento.

Resposta: em atenção ao Questionamento 1 do Parecer 02017.000147/2016-11-NLA/PR/IBAMA, e ratificado no Parecer 02017.000351/2017-13-GABIN/PR/IBAMA, quanto ao argumento de que o modo de simulação utilizado nas modelagens numéricas ser "Barotrópico", e por isso, não ser capaz de descrever adequadamente a circulação na região da baía de Paranaguá, é importante observar que para a execução dos estudos de modelagem numérica do projeto das obras de complementação da ampliação do TCP foram adotados ambos os modos de simulação de modelagem numérica: Barotrópico e Baroclínico. Esta informação já havia sido oferecida anteriormente, em resposta ao Parecer 02017.000147/2016-11-NLA/PR/IBAMA, conforme segue transcrito abaixo:

"No entanto, mesmo não sendo apresentada, por não ter sido solicitada, esta *classificação* foi considerada nas modelagens numéricas realizadas, tendo sido realizadas simulações de modelo **barotrópico e baroclínico**, o que atende completamente as características hidrodinâmicas do Complexo Estuarino de Paranaguá".

Diante do acima considerado, informamos que o "modo barotrópico" foi utilizado para as modelagens hidrodinâmicas e morfológicas e o "modo baroclínico" foi adotado nas

simulações de dispersão da pluma de dragagem, em função da necessidade de se representar o início da formação da pluma de sedimentos junto ao fundo, e não junto à superfície ou no meio da coluna de água.

A justificativa da escolha do uso do “modo barotrópico” para a maioria das simulações é decorrente do fato da baía de Paranaguá não apresentar estratificação ao longo da coluna d’água, em função da temperatura, salinidade ou concentração de sedimentos, sendo por isso, classificado como um estuário com baixa estratificação. Esta classificação foi descrita por vários autores que já realizaram modelagens numéricas no Complexo Estuarino de Paranaguá – CEP. Dentre eles, destacamos o trabalho de Cunha, Scudelari e Rosman (2015), que explicam o uso do modelo “barotrópico” com a seguinte afirmação:

“Neste estudo é dada ênfase as baías de Paranaguá e Antonina, devido à presença dos principais rios e dos portos de Paranaguá e Ponta do Félix. A Figura 1 mostra a localização da área de estudo. Entre as baías de Paranaguá e Antonina encontra-se uma zona com elevadas concentrações de material em suspensão, caracterizando a zona de máxima turbidez (ZMT); esta região é fortemente influenciada pela advecção horizontal e pela capacidade de deposição e ressuspensão do sedimento presente na coluna d’água (Noernberg, 2001). Neste contexto, a correta caracterização da circulação hidrodinâmica no CEP, e em especial das baías de Paranaguá e Antonina, é essencial para o estudo de transporte e dispersão de contaminantes e do material particulado em suspensão.

Como as profundidades locais são pequenas, e os padrões de estratificação fracos, a velocidade das correntes pode ser bem representada por meio de variáveis médias na vertical. Nestes casos as equações governantes de conservação de quantidade de movimento e massa são promediadas na dimensão vertical, reduzindo a dimensão do problema. Além da quase homogeneidade da coluna d’água, a validade de tal simplificação baseia-se também no fato de as escalas horizontais serem pelo menos duas ordens de grandeza maiores que as verticais e do escoamento de interesse ser predominantemente horizontal. Sendo assim, no estudo da caracterização da circulação hidrodinâmica do CEP, necessária para a definição do escoamento residual e para o transporte de sedimentos em suspensão, foi usado um modelo hidrodinâmico bidimensional em planta”.

Outra questão importante para a adoção do “modo barotrópico” é o fato dos processos modelados apresentarem comportamento barotrópico e não baroclínico, e também, o

nível de validação alcançada na modelagem numérica, o que confirma que a modelagem barotrópica consegue representar, de forma satisfatória, os processos de corrente no Complexo Estuarino de Paranaguá - CEP, principalmente na região em estudo.

Como forma de verificar os procedimentos adotados nas modelagens realizadas, a equipe da Acquadinâmica/Acquaplan reanalisou a validação da modelagem numérica realizada, e rerepresenta abaixo os gráficos de ajuste entre os valores modelados e medidos.

A comparação entre os dados da componente U de corrente modelados e medidos (Figura 1) apresenta boa correlação, superior a 87%, ou seja, o modelo conseguiu calcular com eficiência quase 90% da componente U das correntes, como pode ser observado na Figura 2.

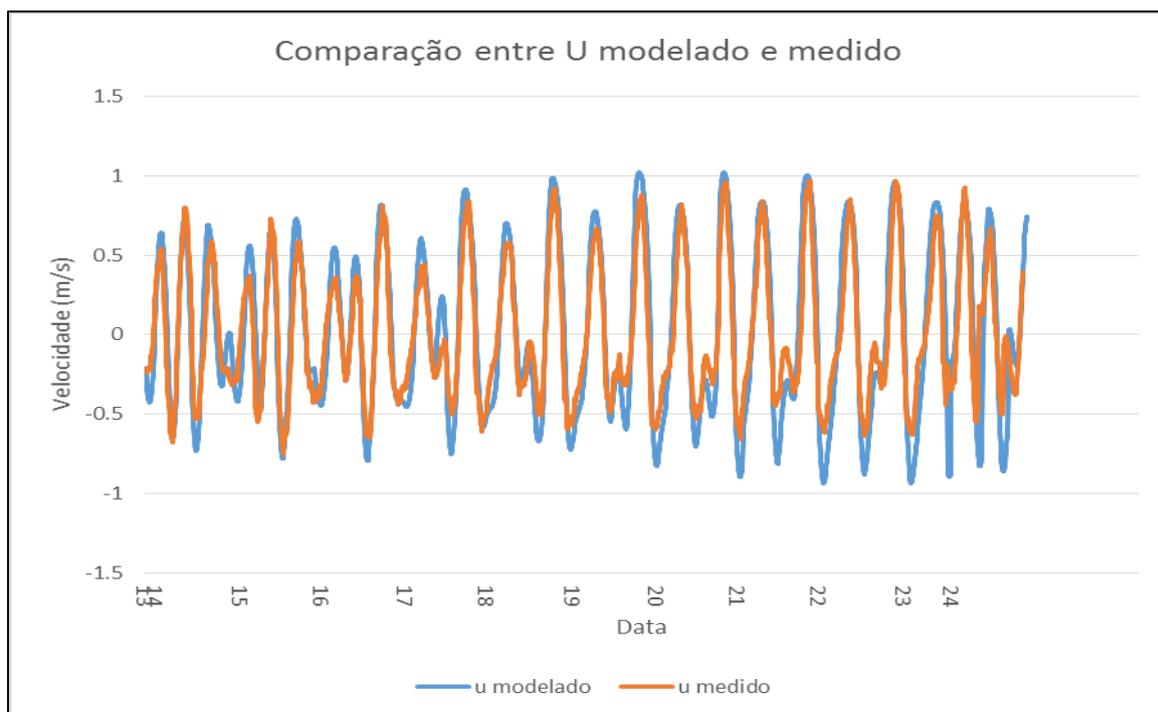


Figura 1. Comparação entre os dados de corrente da componente de velocidade U medidos e modelados, para o ponto nomeado ADCP.

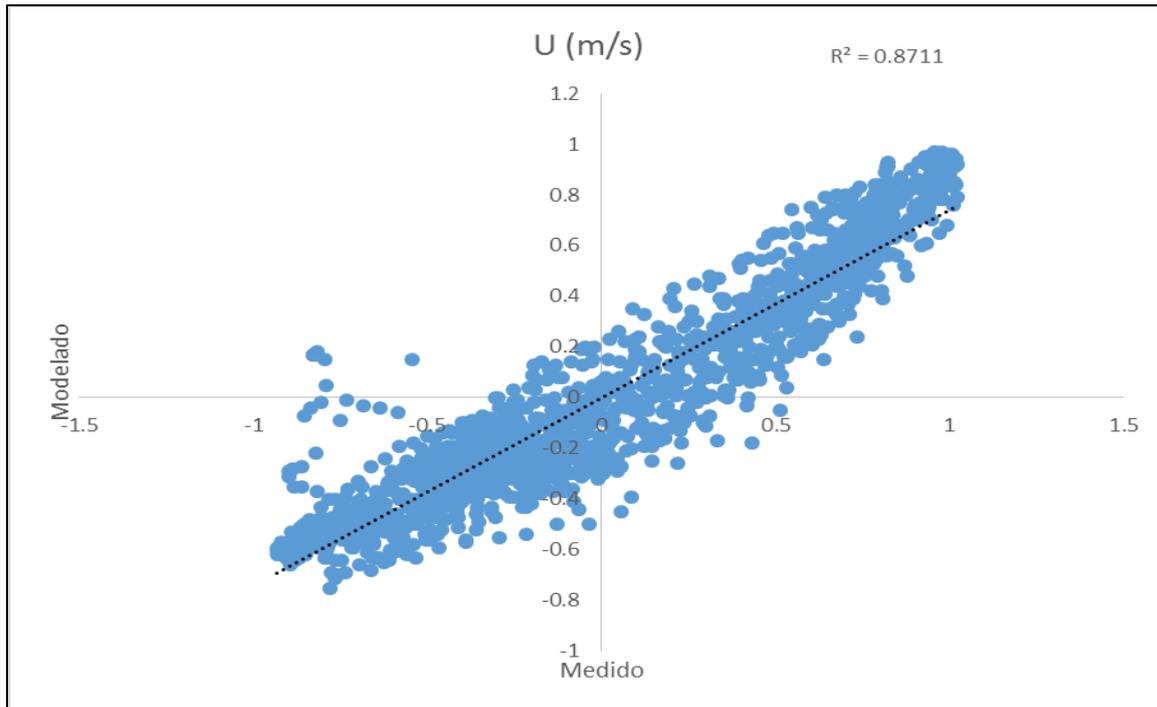


Figura 2. Comparação dos dados de corrente da componente U (m/s) modelados e medidos, para o ponto nomeado ADCP.

Da mesma forma, a comparação entre os dados medidos e modelados da componente V da corrente (Figura 3) também apresenta boa correlação, superior a 72%, como pode ser observado na Figura 4.

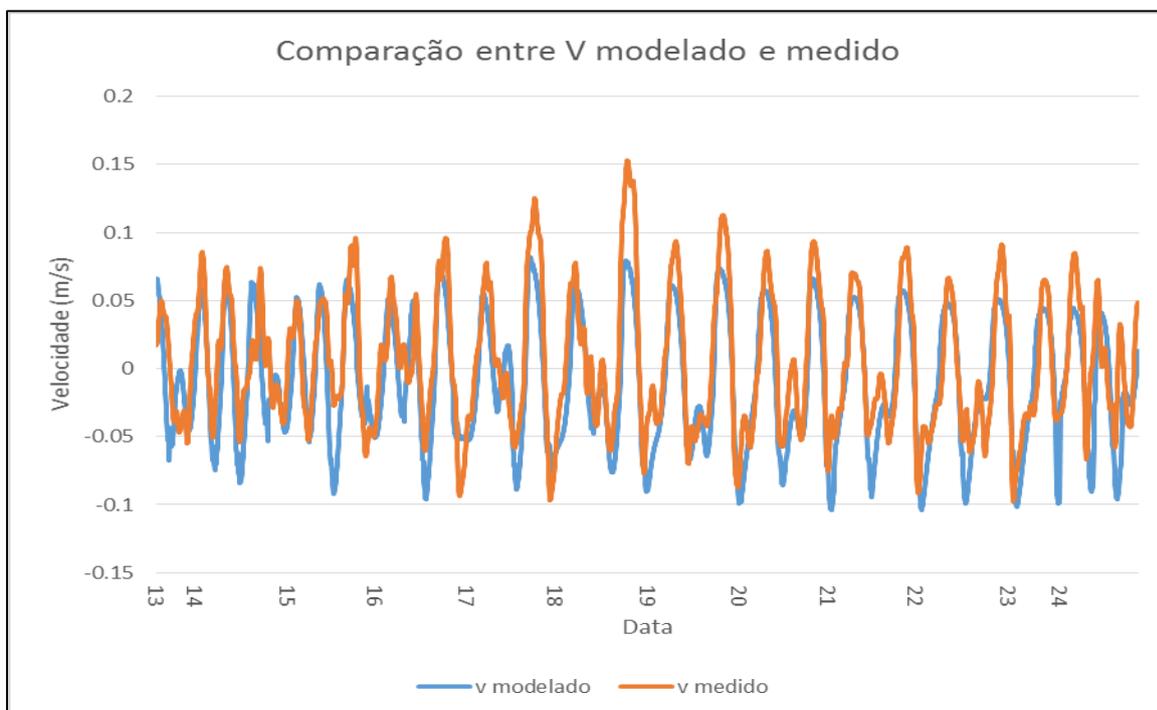


Figura 3. Comparação entre os dados de corrente da componente de velocidade V medidos e modelados, para o ponto nomeado ADCP.

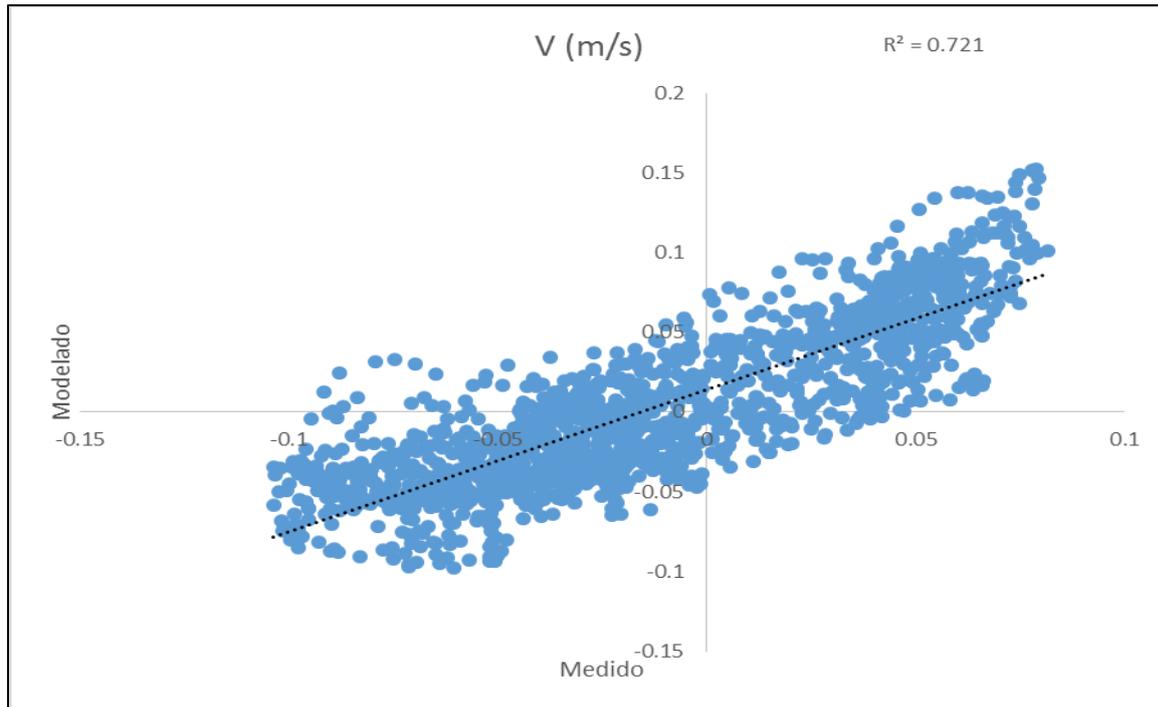


Figura 4. Comparação dos dados de corrente da componente V (m/s) modelados e medidos, para o ponto nomeado ADCP.

Baseado no que foi acima considerado, pode-se concluir, que de maneira alguma um modelo barotrópico, como o utilizado, e que integra as velocidades de corrente ao longo da coluna d'água na vertical, obteria uma correlação entre os dados medidos e modelados de 87% na componente U e 71% na componente V, caso não estivesse representando de forma satisfatória as condições na região em estudo.

Desta forma, diante dos dados apresentados e analisados, mais uma vez afirmamos que os procedimentos adotados para este estudo estão corretos, e portanto, representam a realidade dos processos do CEP na área de interesse do estudo.

Questionamento 2:

No que a empresa considerou o "Questionamento 2" se solicitou apenas o detalhamento das grades utilizadas no modelo, sendo os demais esclarecimentos desnecessários. Adicionou-se a esta questão a apresentação de alguns parâmetros utilizados, porém quando estes foram solicitados se esperava que todos fossem apresentados. Solicita-se que os parâmetros sejam apresentados em sua íntegra.

Resposta: em atenção ao Questionamento 2 do Parecer 02017.000147/2016-11-NLA/PR/IBAMA, mais uma vez informa-se que tudo o que foi solicitado foi respondido, e portanto, transcreve-se abaixo na íntegra a resposta então apresentada, assim como se apresenta os dados que foram encaminhados:

"As grades utilizadas nos processos de modelagem foram apresentadas apenas de forma gráfica, em escala que impede sua análise e não se faz

*ponderação quanto a sua resolução. Isto, somado ao fato de que não se apresenta **os passos de tempo utilizados nos modelos**, impossibilita que se discorra sobre quanto os resultados são representativos aos processos que ocorrem na região e os modelos tentam reproduzir”.*

| Parâmetro | Valor |
|--------------------------|---|
| Passo de tempo | 6 a 15 segundos |
| Gravidade | 9,81 m²/s |
| Densidade da Água | 1.025kg/m³ |
| Rugosidade | Dependente do sedimento de fundo |

Entendemos que, apesar de nunca ter sido solicitado o envio na íntegra dos parâmetros utilizados nas modelagens numéricas, julgamos que o envio destes parâmetros na íntegra possa servir como auxílio na análise da compreensão dos processos envolvidos neste estudo.

Por esta razão, apresentamos abaixo, na íntegra, todos os parâmetros utilizados nas modelagens numéricas realizadas.

Tabela 2 – Parâmetros utilizados para execução dos modelos numéricos na íntegra.

| Parâmetro | Valor |
|---|---|
| Passo de tempo hidrodinâmico | 6 segundos |
| Passo de tempo morfológico | 15 segundos |
| Gravidade | 9,81 m ² /s |
| Densidade da Água | 1.025kg/m ³ |
| Rugosidade | Dependente do tamanho do grão de sedimento de fundo |
| Densidade do ar | 1kg/m ³ |
| Temperatura | 20°C |
| Viscosidade Horizontal de Eddy | 0,5m ² /s |
| Difusividade Horizontal de Eddy | 10m ² /s |
| Densidade Específica do Sedimento | 2.650 kg/m ³ |
| Densidade de Sedimento Depositado | 1.600 kg/m ³ |
| Morfac | 395 |
| Aquecimento do modelo antes das alterações morfológicas | 2 dias |
| Profundidade mínima para cálculo sedimentar | 10 cm |

Questionamento 3:

A empresa apresento o detalhamento das alterações da batimetria no que chamou de "Questionamento 3". Na escala de cor apresentada não se pode identificar se foi considerado o aprofundamento do canal para permitir a atracação de embarcações de maior calado. Caso isso não tenha sido considerado a empresa deverá discorrer sobre as implicações disto na

apresentação dos resultados e caso tal questão comprometa algum ponto do estudo, nova modelagem deverá ser elaborada.

Resposta: em atenção ao Questionamento 3 do Parecer 02017.000147/2016-11-NLA/PR/IBAMA, informamos que as batimetrias de detalhe apresentadas para a região da TCP estão corretas.

Nas modelagens realizadas não foi considerado o aprofundamento do canal do sistema aquaviário atual para atracação de embarcações de maior calado. Para o berço de atracação da TCP foi considerado uma batimetria de 16,5 metros em função de questões de calado operacional do cais, e para região dos dolphins foi considerada uma batimetria de 10,5 metros, o que permite a entrada de navios *Ro-Ro* que irão atracar nestes dolphins.

Importante esclarecer que quando foram realizadas as modelagens deste estudo não existia projeto de aprofundamento para o sistema aquaviário da TCP.

Questionamento 4:

Em relação ao que a empresa considerou como "Questionamento 4", apesar deste ter sido feito a título de comentário, fale destacar que um período de 30 dias de simulação não é suficiente para se determinar a sazonalidade de um ano já que os padrões identificados vão se limitar tão somente ao período analisado. Ademais, vale destacar que eventos extremos não se imitam a ressacas mas a qualquer fenômeno meteorológico, além disto, apesar de não se observar incidência direta de ondas de ressacas nas estruturas do porto, estes fenômenos são geradores de marés meteorológicas que podem sim influenciar nas atividade de portos.

Resposta: em atenção ao Questionamento 4 do Parecer 02017.000147/2016-11-NLA/PR/IBAMA, mais uma vez informamos, que apesar do modelo ter sido rodado para 30 dias, isso não quer dizer que os parâmetros de entrada do modelo sejam específicos de um determinado mês e ano.

Com o objetivo de se obter uma maior representatividade das condições hidrodinâmicas do ambiente simulado, o único parâmetro específico para estes 30 dias é o dado de maré astronômica, que é a forçante da fronteira aberta de mar. Os demais parâmetros de entrada são valores médios que representam o comportamento predominante do Complexo Estuarino de Paranaguá – CEP.

Quanto à afirmação de que a modelagem numérica não inclui eventos extremos, como as marés meteorológicas, salienta-se que em uma modelagem numérica para se analisar os impactos advindos da instalação ou ampliação de um terminal portuário, estas devem ser sempre realizadas utilizando-se as condições ambientais predominantes, e nunca as extremas, pois são as condições ambientais predominantes que serão responsáveis pelas

forçantes hidrodinâmicas, em pelo menos 90% do tempo de operação do Terminal Portuário.

No entanto, como considerado no parecer técnico, entende-se que os eventos extremos de maré meteorológica podem influenciar nas atividades da operação portuária. Desta forma, sugere-se que uma modelagem numérica, para analisar os impactos dos eventos extremos sobre a operação portuária, seja solicitada como estudo complementar para a emissão da futura Licença de Operação – LO do empreendimento.

Questionamento 6:

Na resposta do que se chamou de "Questionamento 6" aparentemente houve confusão de conceitos. O comentário tratava de processos e não da modelagem em si, os processos que se observam na natureza são gerados por diversas forçantes que muitas vezes possuem componentes aleatórias (estocásticas) e desta forma não podem ser adequadamente descritas por um modelo numérico devido a vários fatores. Alguns modelos, para "simular" tais processos, adicionam fatores de aleatoriedade em suas formulações o que faz ser muito improvável que duas rodadas distintas do modelo sejam idênticas e é neste sentido que variações de décimos de intensidade do processo simulado parecem estranhas. Ademais a própria acuraria do modelo deve ser considerada nesta comparação para determinar a representatividade do resultado apresentado, o que não é feito. A simplificação dos resultados e sua representação mais "determinística" podem advir da limitação de forçantes consideradas no modelo, o que representa uma limitação que deveria ser apresentada. Assim a empresa deverá discorrer sobre as limitações dos resultados apresentados.

Resposta: conforme já apresentado na resposta ao Parecer 02017.000147/2016-11-NLA/PR/IBAMA, não houve "confusão de conceitos". Apesar de existirem modelos estocásticos, sua aplicabilidade não é utilizada em estudos de modelagem numérica de engenharia. Os modelos estocásticos podem ser utilizados em modelos de previsão meteorológica, previsão de ondas, modelos de dispersão de óleo, entre outros.

É importante termos alguns conceitos acerca do modelo utilizado, que é um modelo determinístico:

"Modelos determinísticos como Delft3D requerem um número de entradas; Idealmente todas as entradas têm algum efeito significativo sobre a saída do modelo. O Delft3D é um modelo detalhado que foi projetado para simular uma ampla gama de fenômenos físicos, capazes de simular a propagação de marés ao longo de centenas de quilômetros, bem como o destino da qualidade da água e o transporte por vários metros" (DELTARES, 2008).

Outra definição obtida do manual do Delft3D-PART define a característica determinística do Delft3D:

"DELFT-PART é o único modelo estocástico em toda a suíte de modelos do Delft3D".

Como a modelagem apresentada conseguiu representar uma correlação entre os dados medidos e modelados de 87% na componente U e 71% na componente V, podemos afirmar que os dados de entrada do modelo estão bem ajustados e calibrados, podendo representar a confiabilidade dos resultados apresentados pela modelagem numérica.

Questionamento 7:

Em sua resposta ao "Questionamento 7" apenas é informado o já havia sido apresentado no estudo original, reitera-se a questão.

Resposta: em atenção ao Questionamento 7 do Parecer 02017.000147/2016-11-NLA/PR/IBAMA, entende-se, que pela simplicidade envolvida na aplicação do Fator de Aceleração Morfológica (MORFAC) e pelo que já foi apresentado na metodologia da modelagem numérica e na resposta ao referido Parecer, esperávamos que esta questão já estivesse elucidada. Mais uma vez, como forma de auxiliar no entendimento desta questão, transcreve-se abaixo a descrição do MORFAC, conforme apresentado por Lesser (2009).

"O Fator de Aceleração Morfológica (MORFAC) é uma abordagem pela qual a velocidade das mudanças na morfologia é ampliada até uma taxa que ainda não começa a ter um impacto significativo nos fluxos hidrodinâmicos."

"A implementação de MORFAC é obtida simplesmente multiplicando-se as alterações do nível do leito por um fator não unitário (MORFAC) após cada passo hidrodinâmico que permite o cálculo do transporte de sedimentos e a mudança morfológica simultaneamente com a hidrodinâmica. Isso simplifica a configuração e operação do modelo em comparação com outras abordagens."

O Delft3D, o modelo utilizado na modelagem numérica do presente estudo, é um modelo numérico morfológico que combina o transporte hidrodinâmico, o transporte de sedimentos e as mudanças de morfologia.

As principais vantagens da aplicação do MORFAC são:

- O tempo computacional é significativamente reduzido comparado ao modelo morfológico completo sem aceleração.
- O "feedback" da morfologia é imediatamente trazido para cálculos hidrodinâmicos.

- O transporte de sedimentos e o cálculo da morfologia são simples de serem executados.

Abaixo segue a equação como o MORFAC calcula a aceleração morfológica em relação a hidrodinâmica do ambiente.

$$\text{MORFAC} = \frac{\text{morphological time}}{\text{hydrodynamic time}} = \frac{(\text{days of flow}) \times (\text{minutes / day})}{(\text{minutes in a tidal cycle})}$$

Mais informações sobre o método podem ser obtidas em:

LESSER, G. 2009. **An approach to medium-term coastal morphological modeling**, PhD-thesis. Delft University of Technology, ISBN 978-0-415-55668-2.

Questionamento 9, 10 e 11:

Nos itens denominados "Questionamento 9, 10 e 11 (páginas 1218 a 1235) a RESPOSTA traz algumas justificativas e reapresenta os mapas com a concentração das plumas de dispersão de sedimentos. A RESPOSTA tenta explicar algumas deficiências do ESTUDO, apontadas pela INFORMAÇÃO 36. Contudo a RESPOSTA absteve-se de tocar no problema que havia sido apontado na INFORMAÇÃO 36. 'Ademais não foi a concentração em que o modelo deixa de considerar a pluma e qual a concentração mínima considerada nas figuras apresentadas.', e apenas repete a informação anteriormente apresentada no EA. Vale destacar ainda que, apesar de uma maior velocidade de corrente gerar plumas mais extensas, esta também propicia uma maior dispersão desta, gerando menores concentrações. Considerando que o impacto desta pluma dependerá também das concentrações deveria ser considerada a simulação em que se propiciam as maiores concentrações e menores dispersões.

Esta situação é relevante porque uma simples comparação do tamanho(praticamente equivalente) das plumas para os três diferentes tipos de sedimento é um indício do fracasso do modelo em representar a realidade.

Outro indício de problema com a modelagem é a dupla alternância da pluma, mudando de direção e então voltando à direção inicial, em menos de 12 horas, e sem deixar rastros.

Aconselhamos a TCP a usar recursos de escalas logarítmicas e de isolinhas para aprimorar a qualidade gráfica e a inteligibilidade de suas apresentações.

Ademais não se fez conforme esperado qualquer ponderação quanto aos tempos considerados na simulação, por exemplo quanto tempo permaneceu a ressuspensão de sedimentos pela draga, nem se discorreu sobre os tempos de operação da draga para compreender como pluma se comportaria, para que se avaliasse o impacto desta atividade.

Resposta: em atenção aos Questionamentos 9, 10 e 11 do Parecer 02017.000147/2016-11-NLA/PR/IBAMA, que trata sobre a pluma de dragagem de manutenção, primeiramente, é importante salientar que a modelagem da pluma de sedimentos realizada para este estudo foi executada considerando a origem da pluma de sedimentos junto ao fundo, conforme ocorre na realidade em uma operação de dragagem.

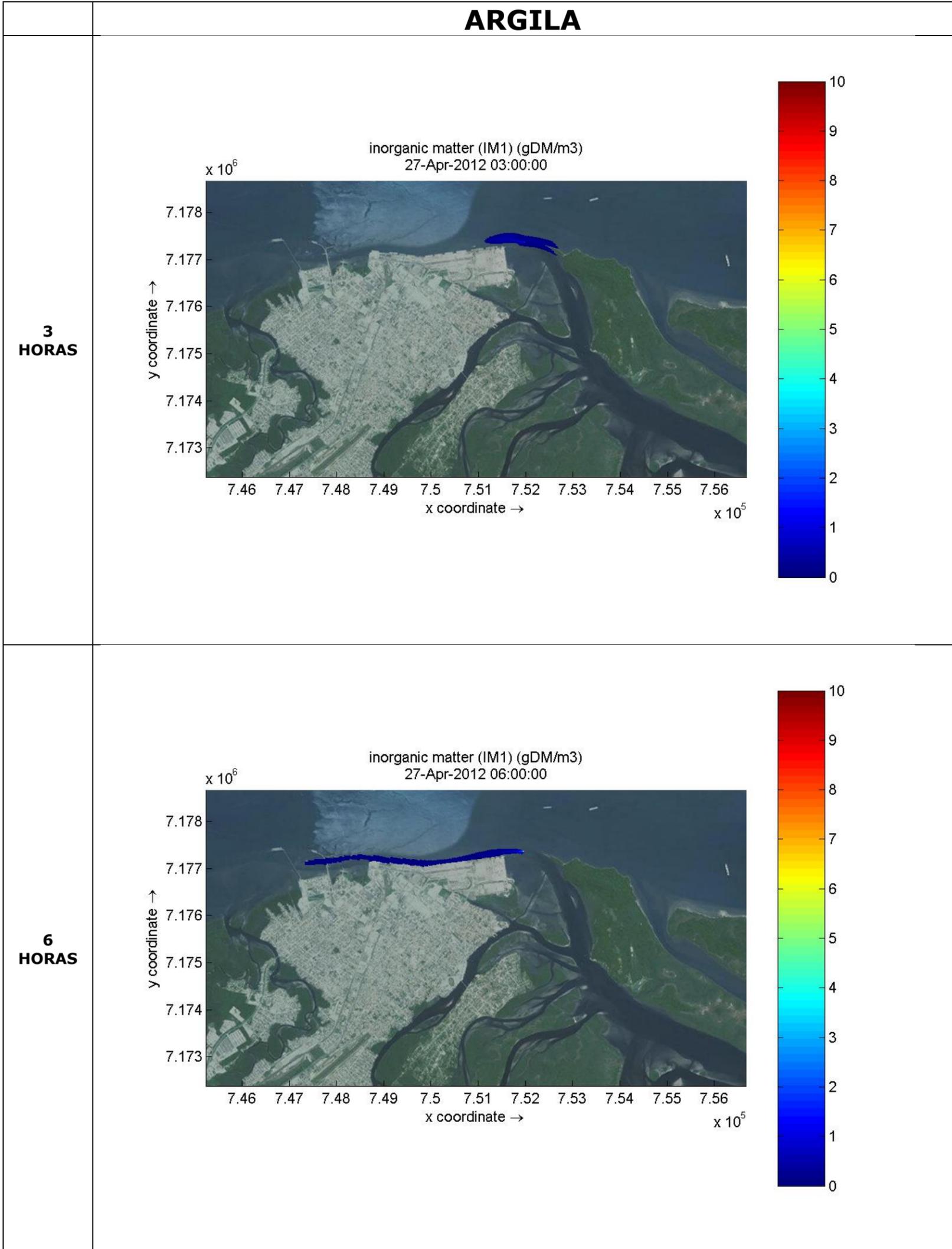
Para a modelagem de dispersão da pluma de dragagem foi considerando o tempo de dragagem e de deslocamento da draga até a região do bota-fora e o retorno ao local de dragagem, a partir de dados históricos das obras de dragagem realizadas para a manutenção das profundidades dos atuais berços da TCP, que indicam três ciclos de dragagem por dia, ou seja, as operações da draga no local de dragagem ocorrem a cada 8 horas, aproximadamente.

Desta forma, a modelagem de pluma de dragagem foi realizada considerando um período de dragagem de 30 minutos, aonde foi prevista uma ressuspensão de 140 m³ de sedimentos nestes 30 minutos, e um intervalo de 7,5 horas entre o início de um processo de dragagem e outro.

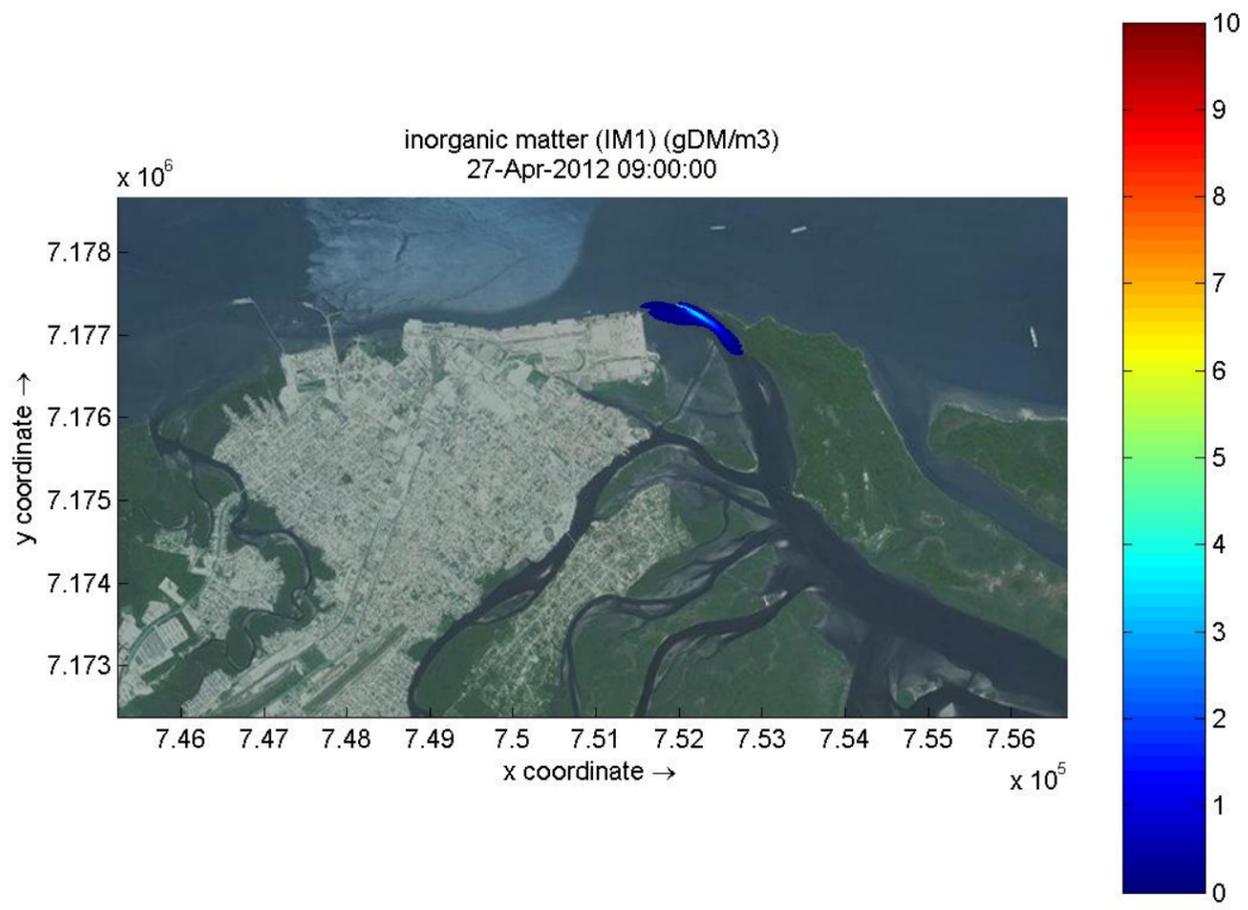
O modelo é capaz de simular a dispersão do material em suspensão em qualquer concentração de sedimentos. E como forma de atender as solicitações indicadas no Parecer Técnico, foi realizada uma nova análise da dispersão da pluma de sedimentos em quadratura. Também se verificou que as plumas de sedimentos para os três diferentes tamanhos de grão (argila, silte e areia) apresentavam dimensões semelhantes em função da concentração mínima de visualização que tendia a mascarar o real tamanho da pluma de sedimentos. Para a análise de quadratura se utilizou a concentração mínima de 0,1 g/m³.

Infelizmente, o programa de modelagem numérica DEFLT-3D não exporta seus resultados em escala logarítmica conforme solicitado pelo parecer.

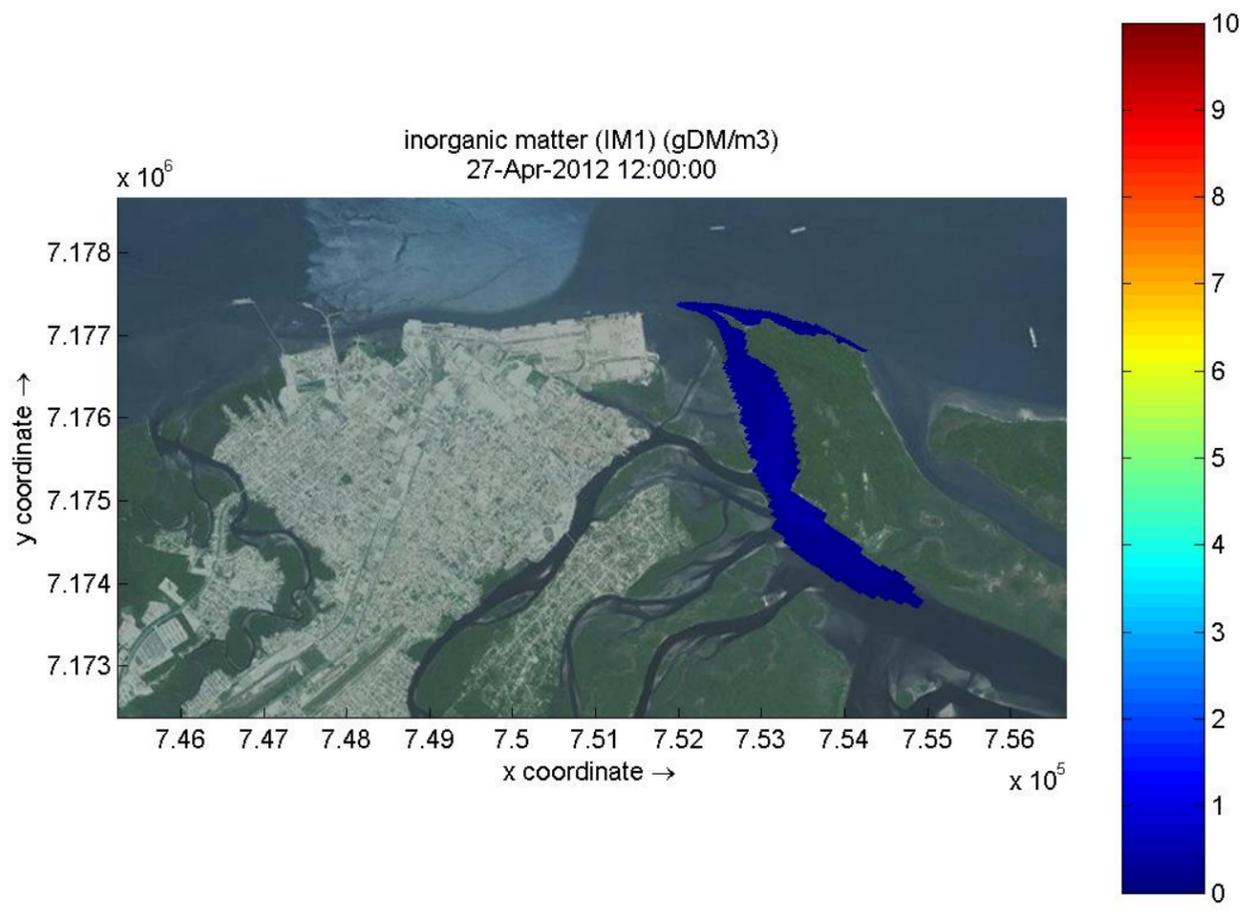
Segue nas figuras abaixo a dispersão das plumas de sedimentos para todos os tamanhos de grãos analisados em corrente de maré de quadratura, exportadas a cada 3 horas do processo de dragagem.



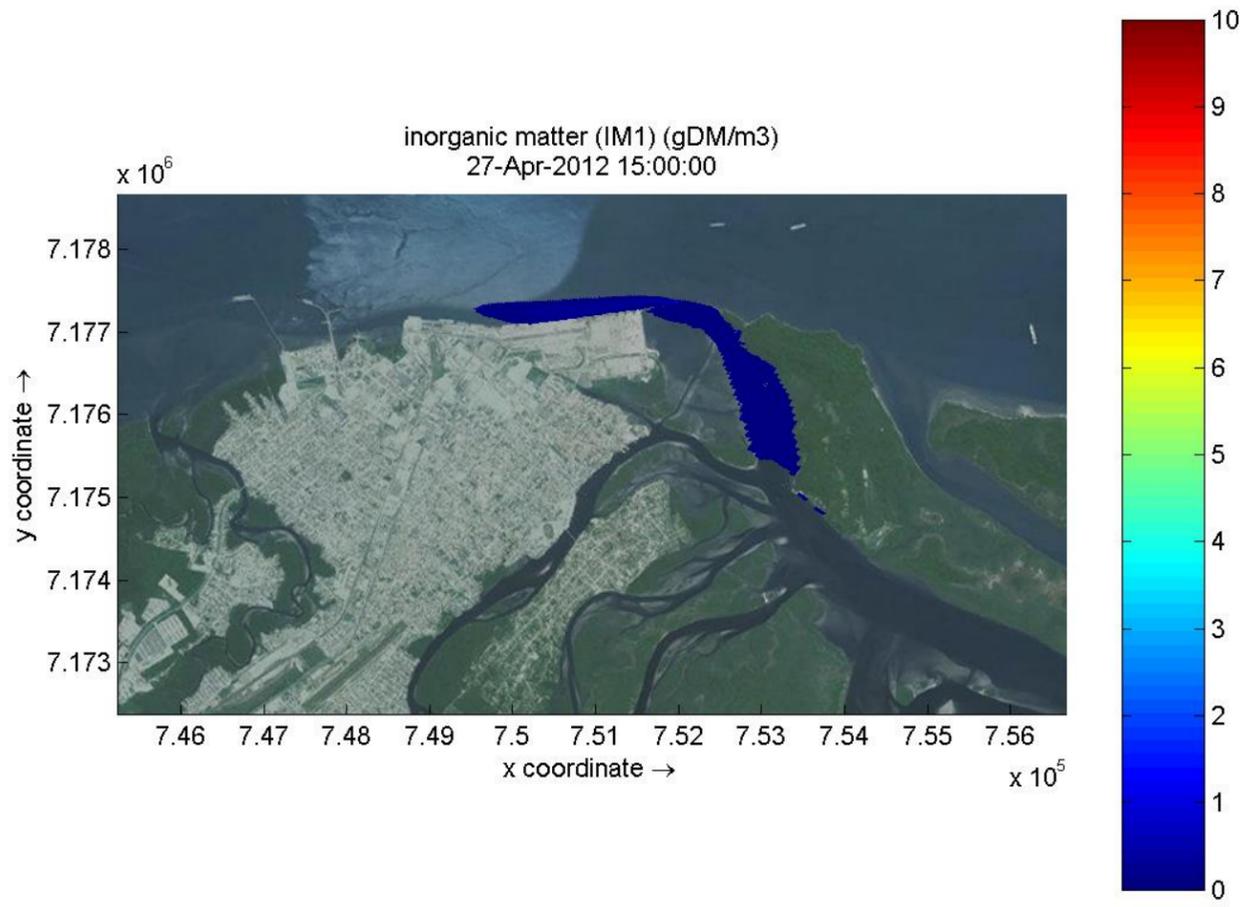
9 HORAS



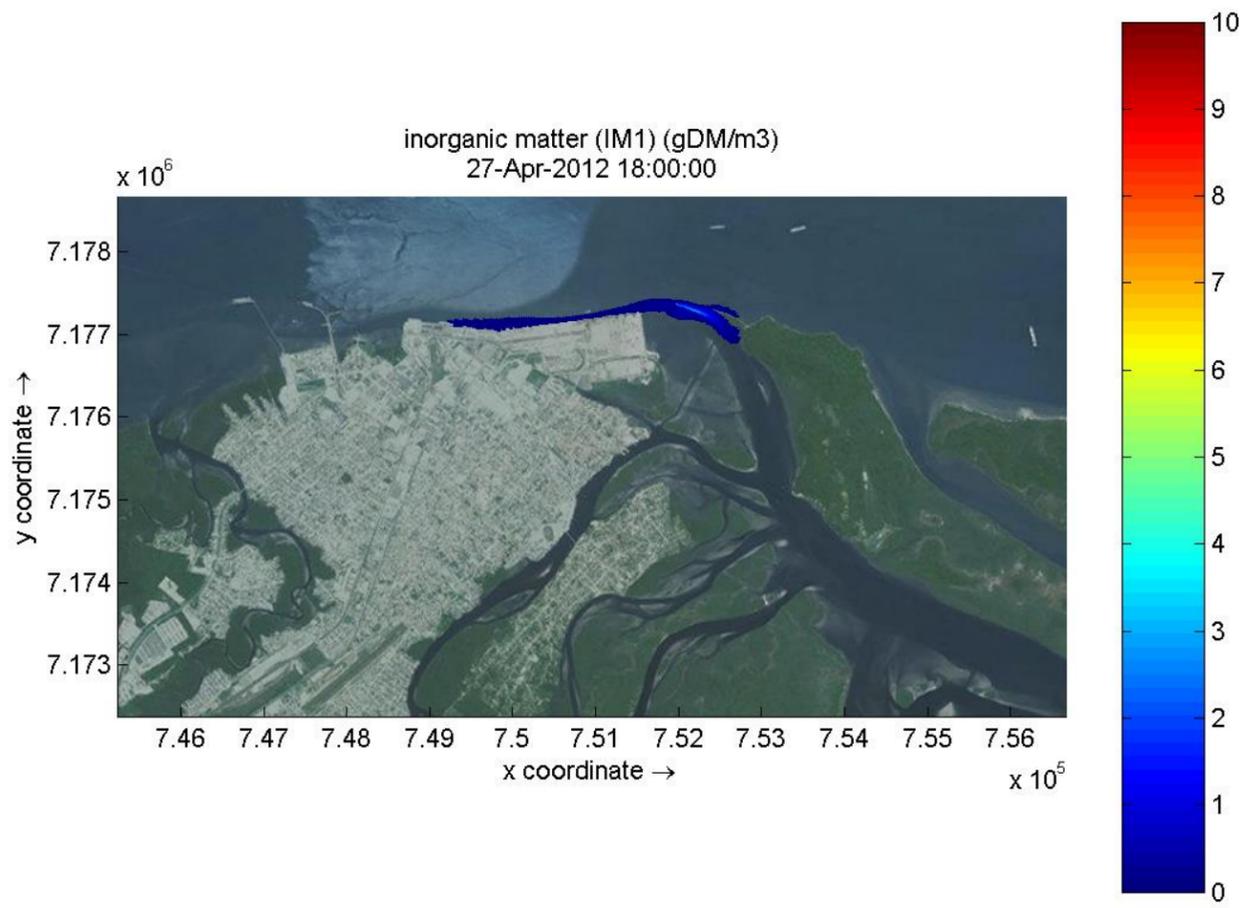
12 HORAS



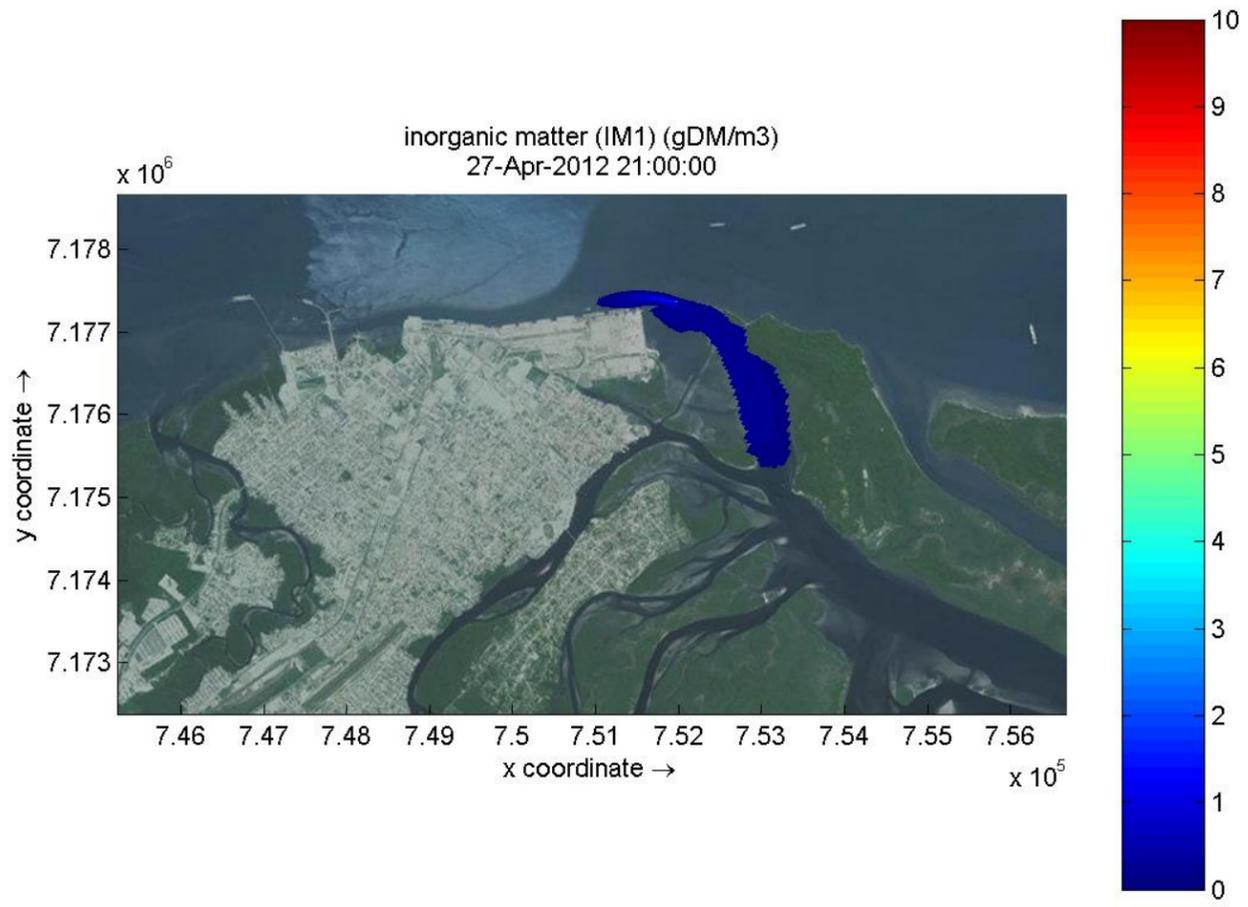
15 HORAS



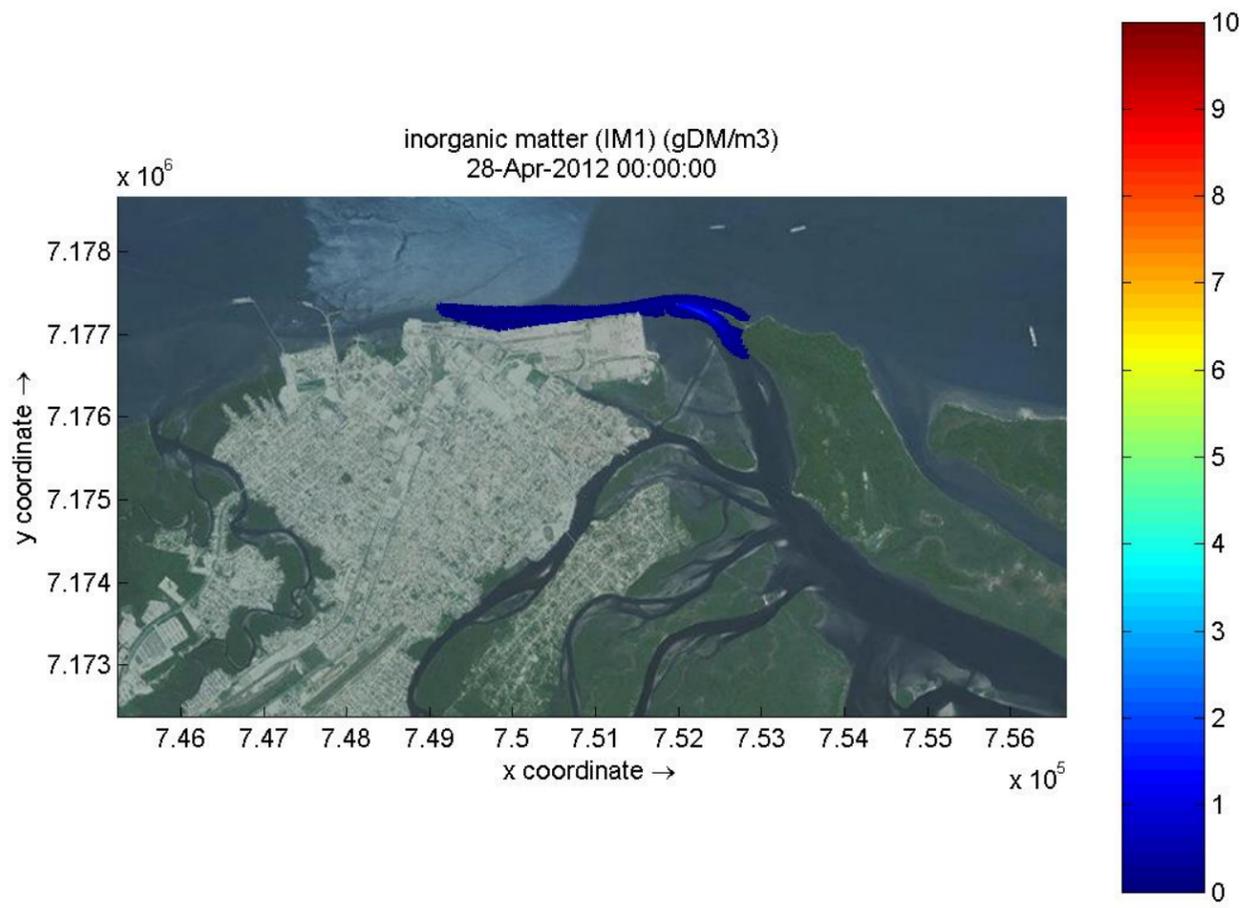
18 HORAS



21 HORAS



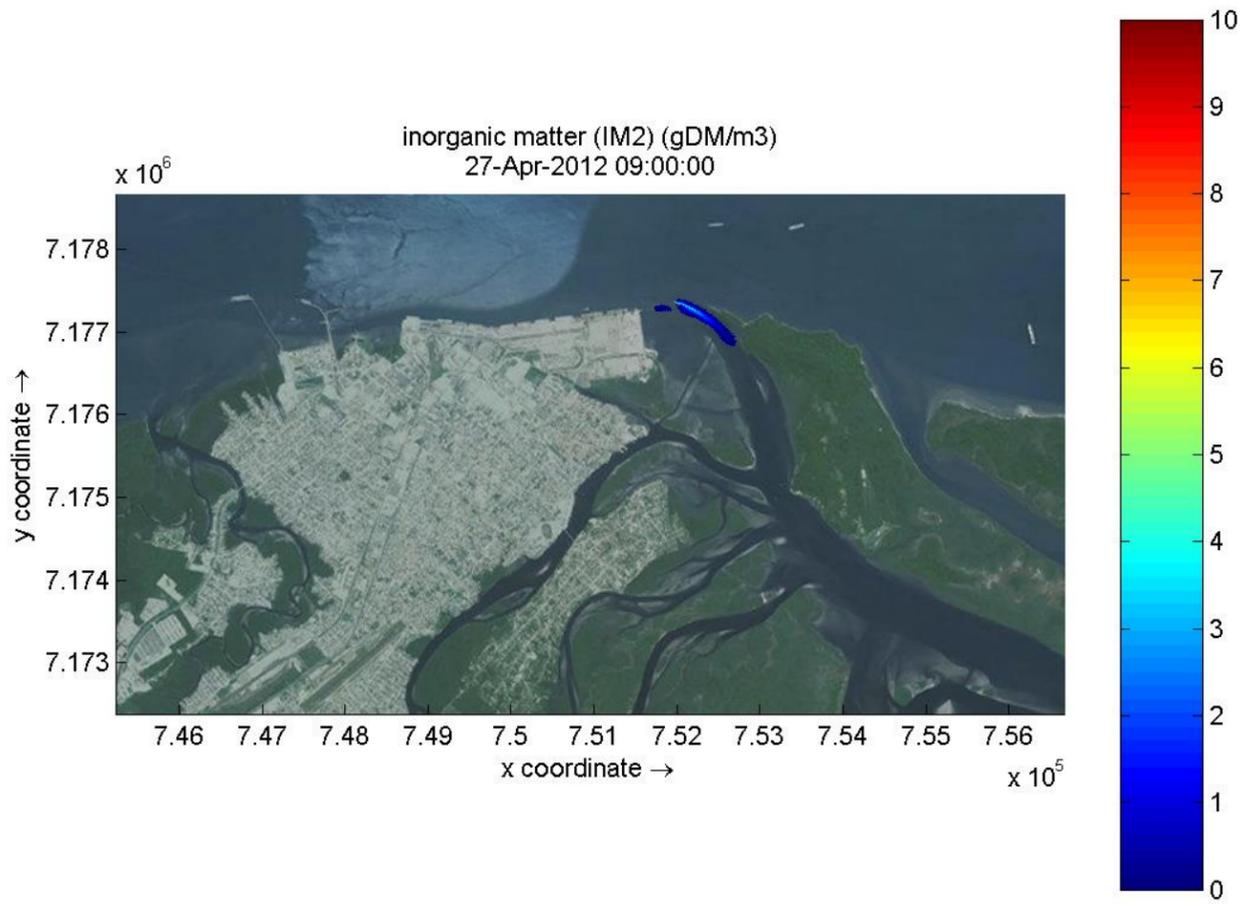
24 HORAS



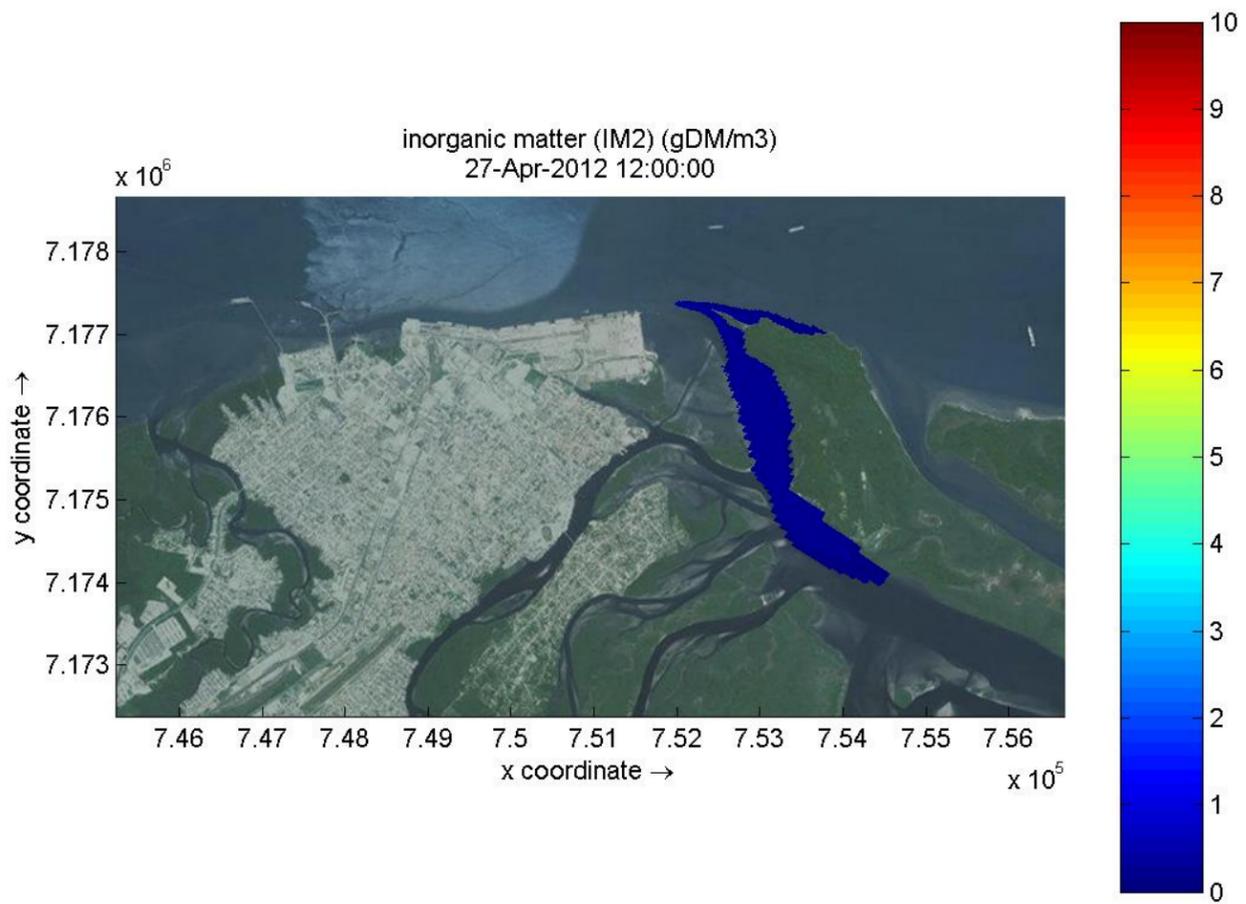
SILTE

| | |
|---------------------------|---|
| <p>3 HORAS</p> | <p style="text-align: center;">inorganic matter (IM2) (gDM/m3) 27-Apr-2012 03:00:00</p> <p style="text-align: center;">x coordinate → x 10⁵</p> |
| <p>6 HORAS</p> | <p style="text-align: center;">inorganic matter (IM2) (gDM/m3) 27-Apr-2012 06:00:00</p> <p style="text-align: center;">x coordinate → x 10⁵</p> |

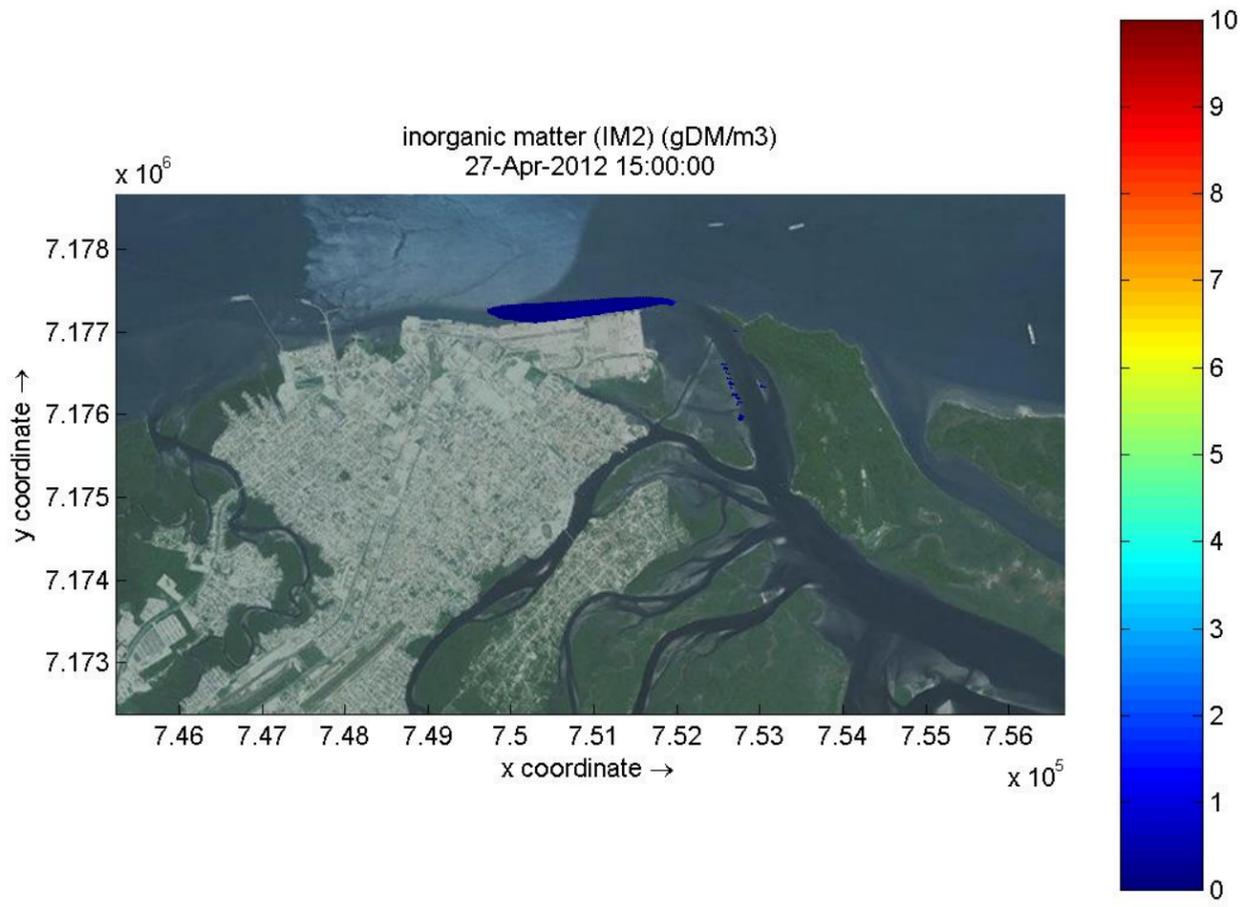
9 HORAS



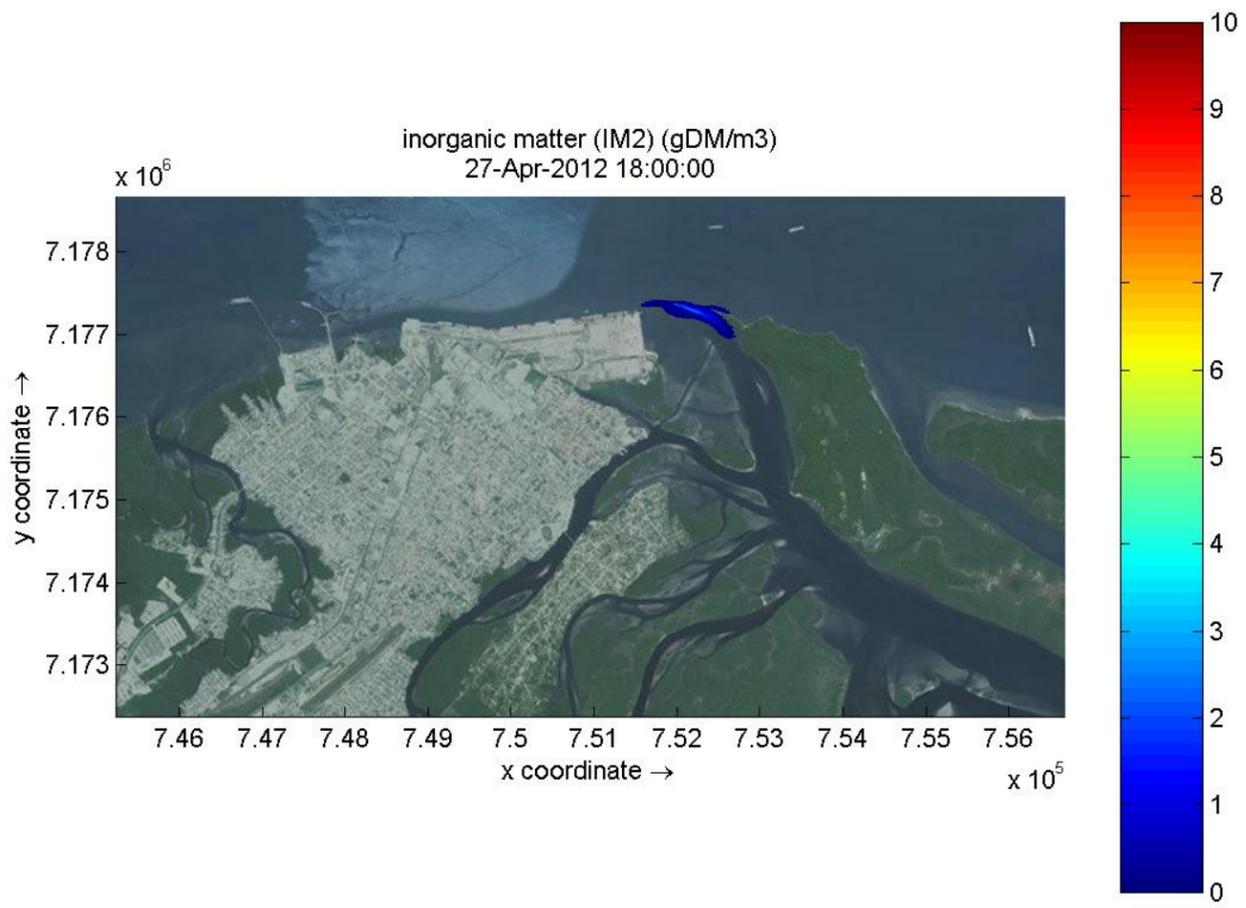
12 HORAS



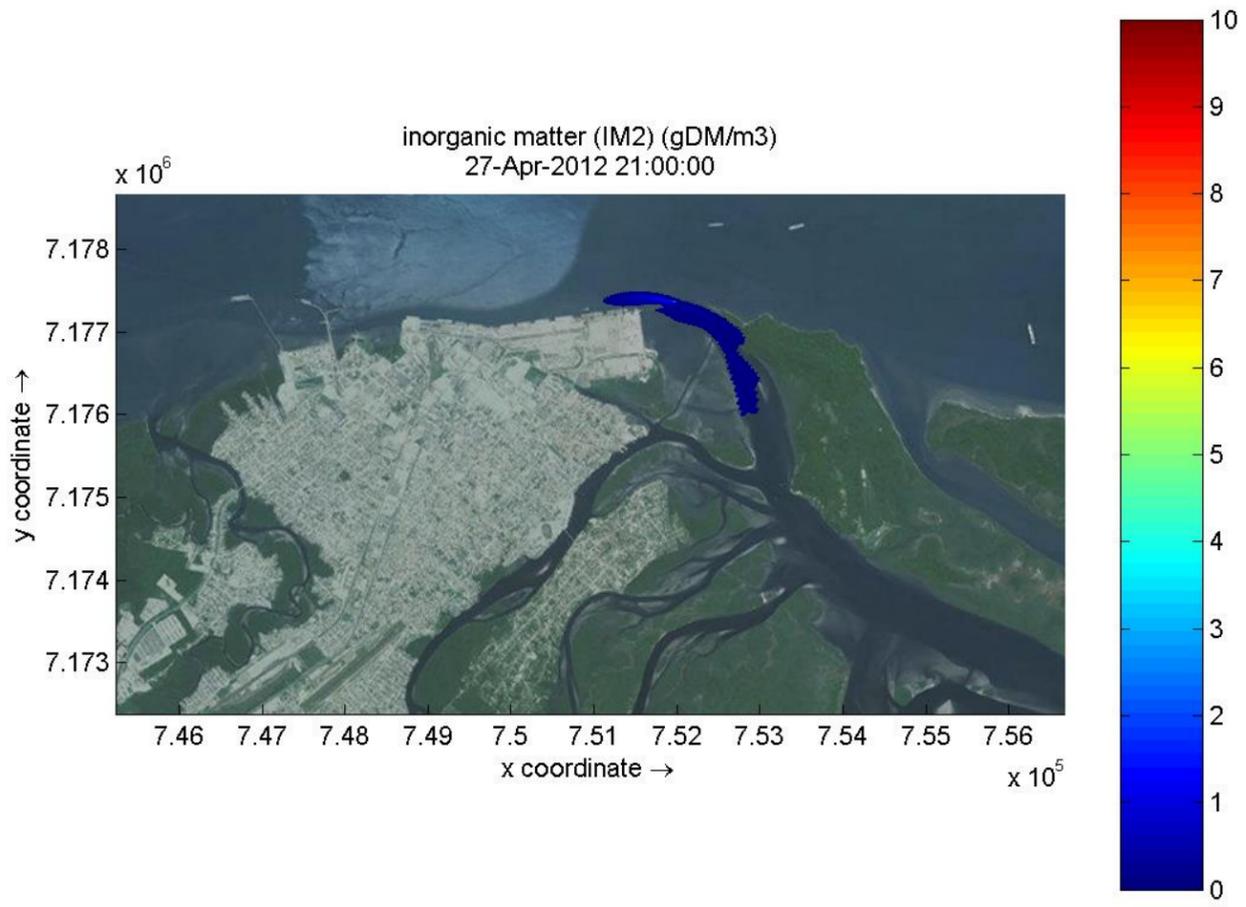
15 HORAS



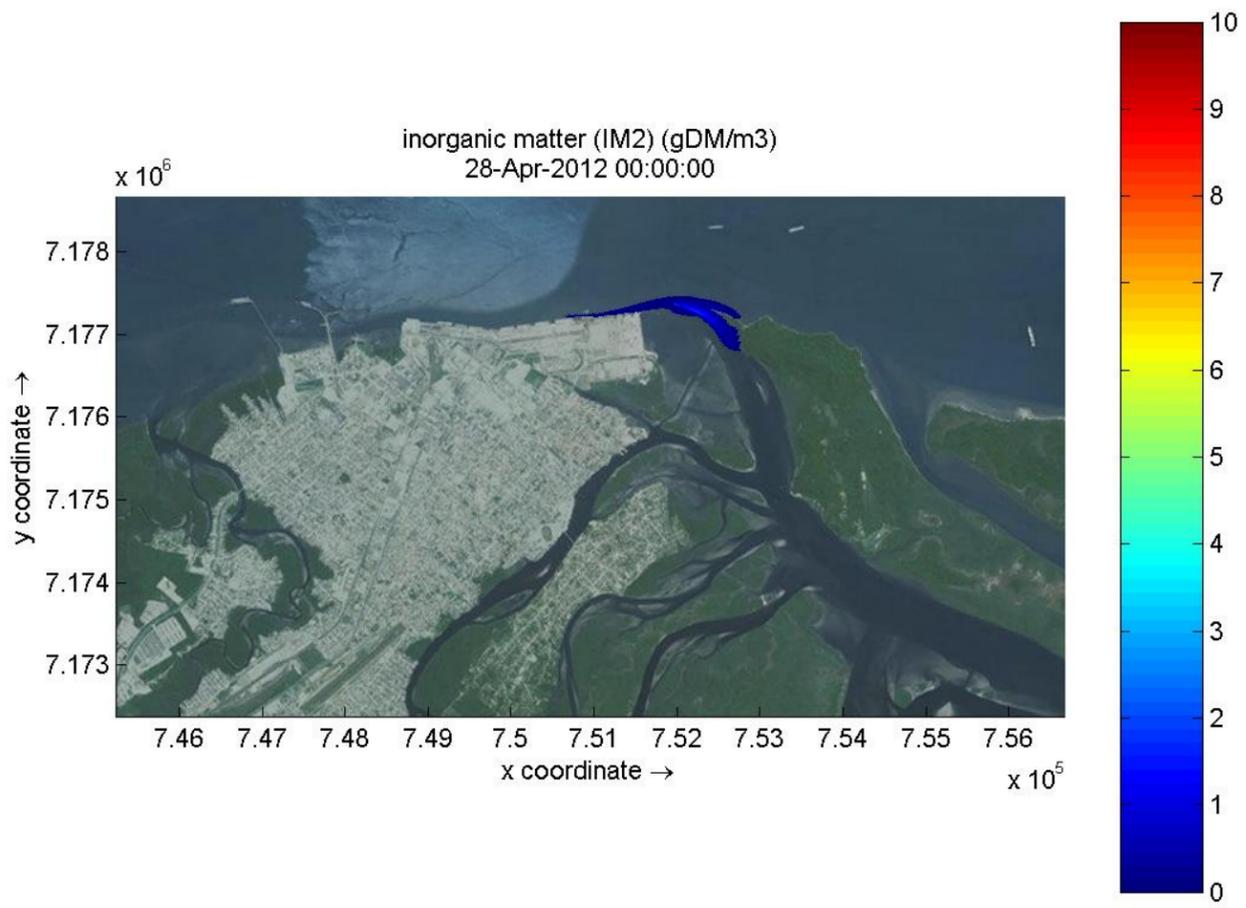
18 HORAS



21 HORAS

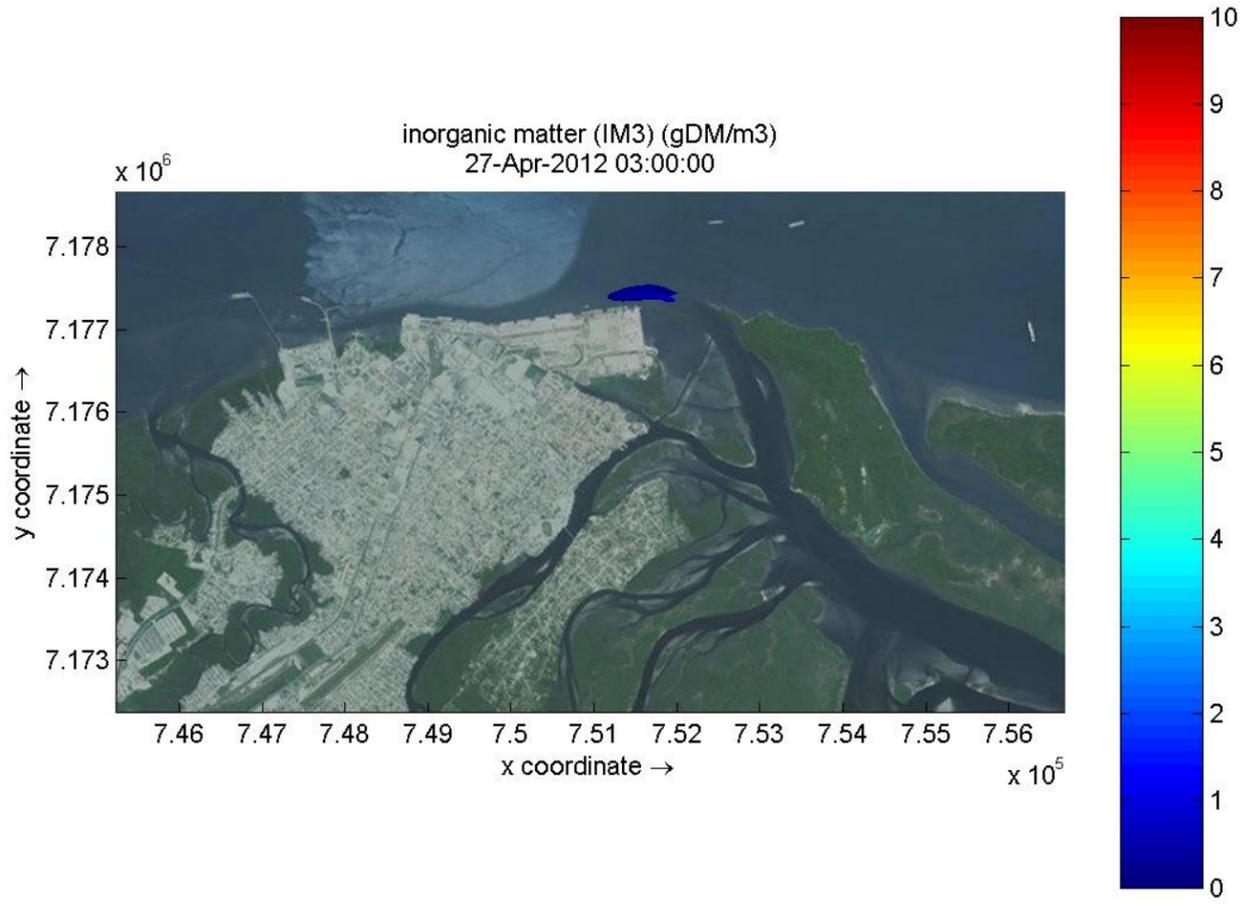


24 HORAS

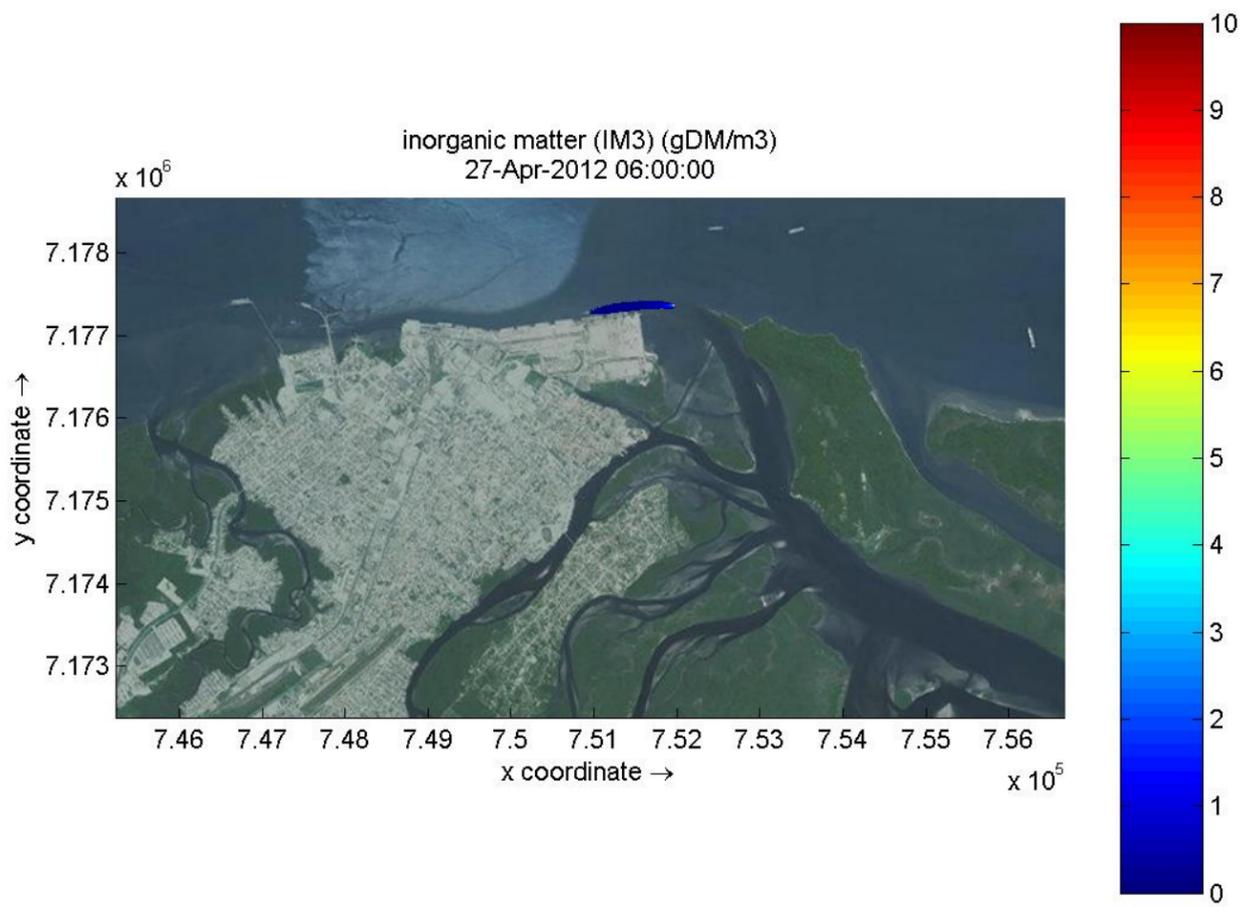


AREIA

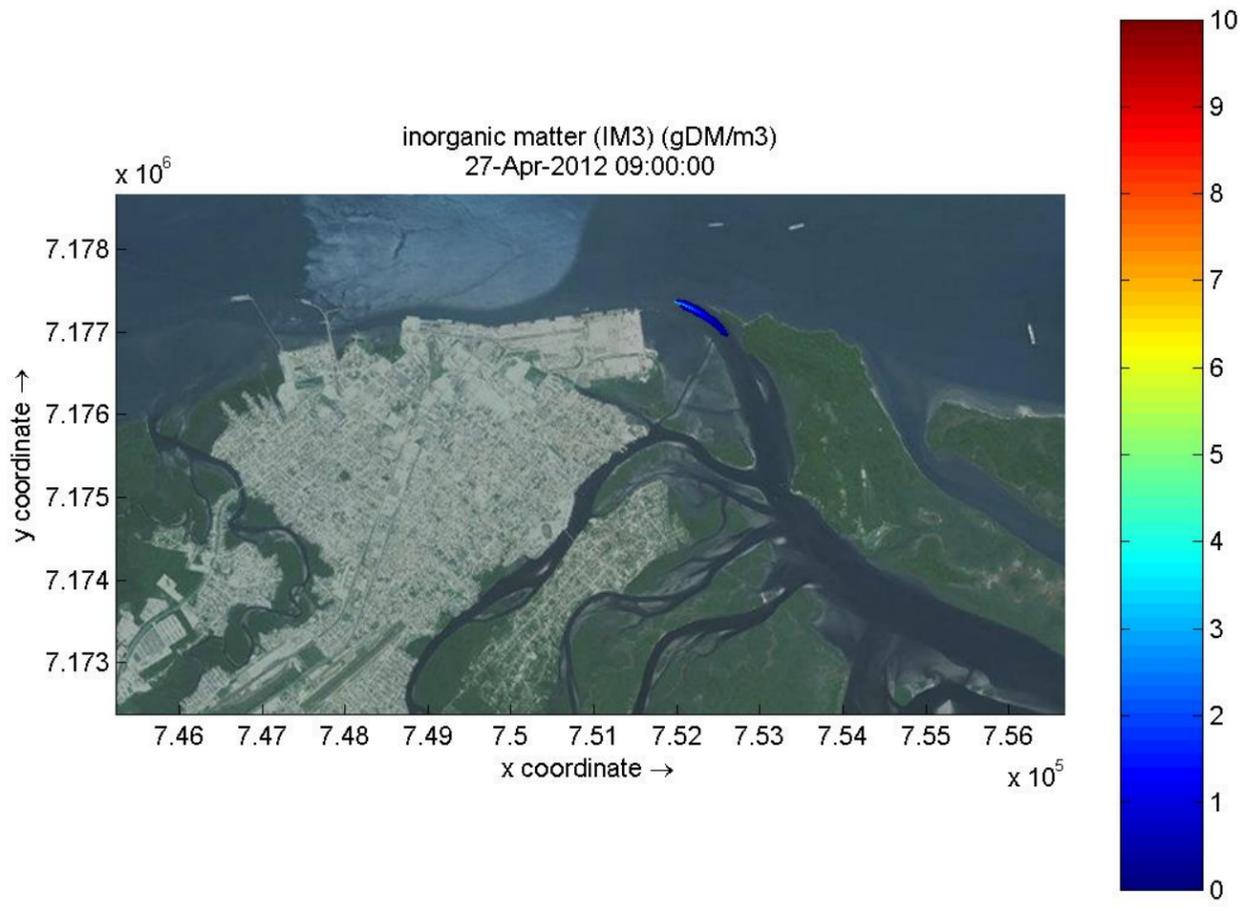
3 HORAS



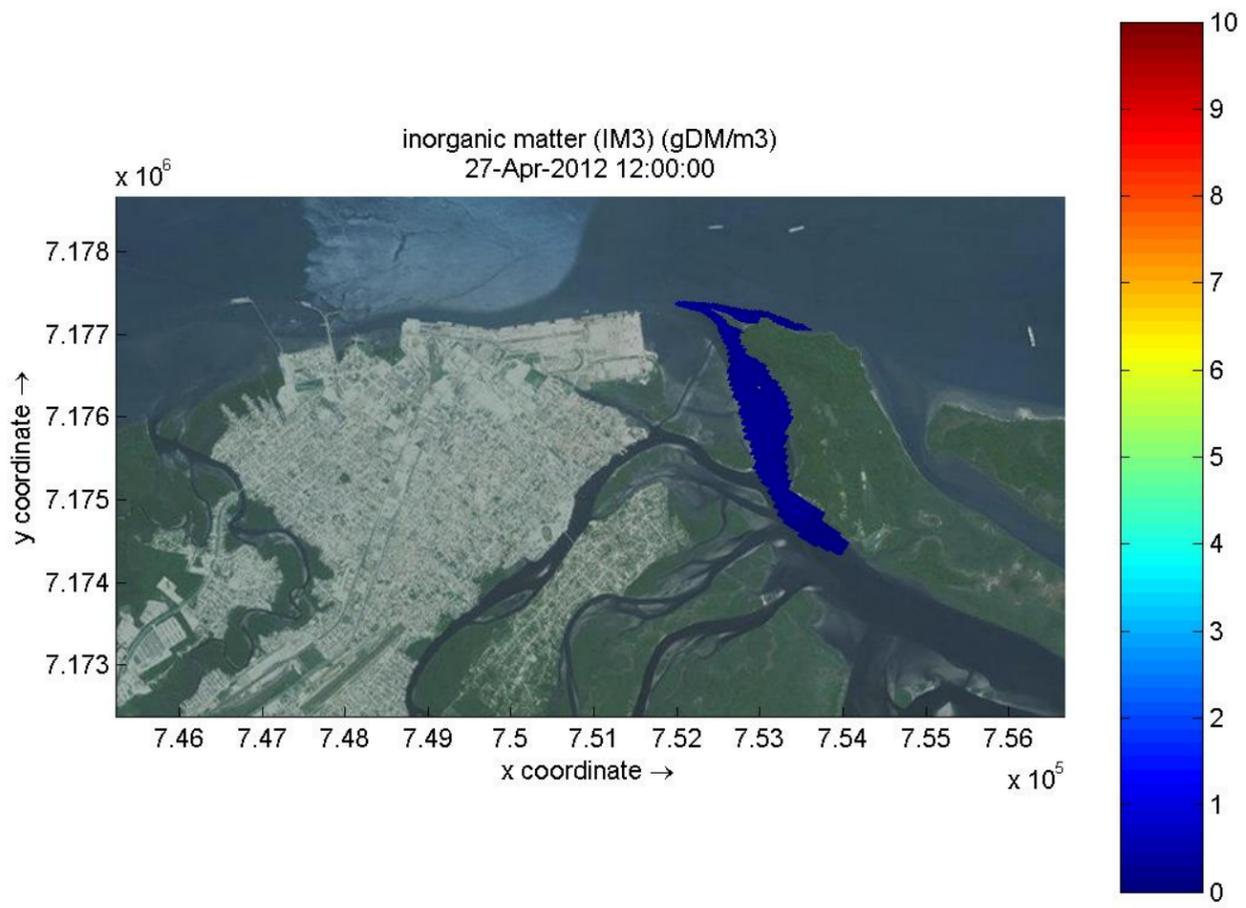
6 HORAS



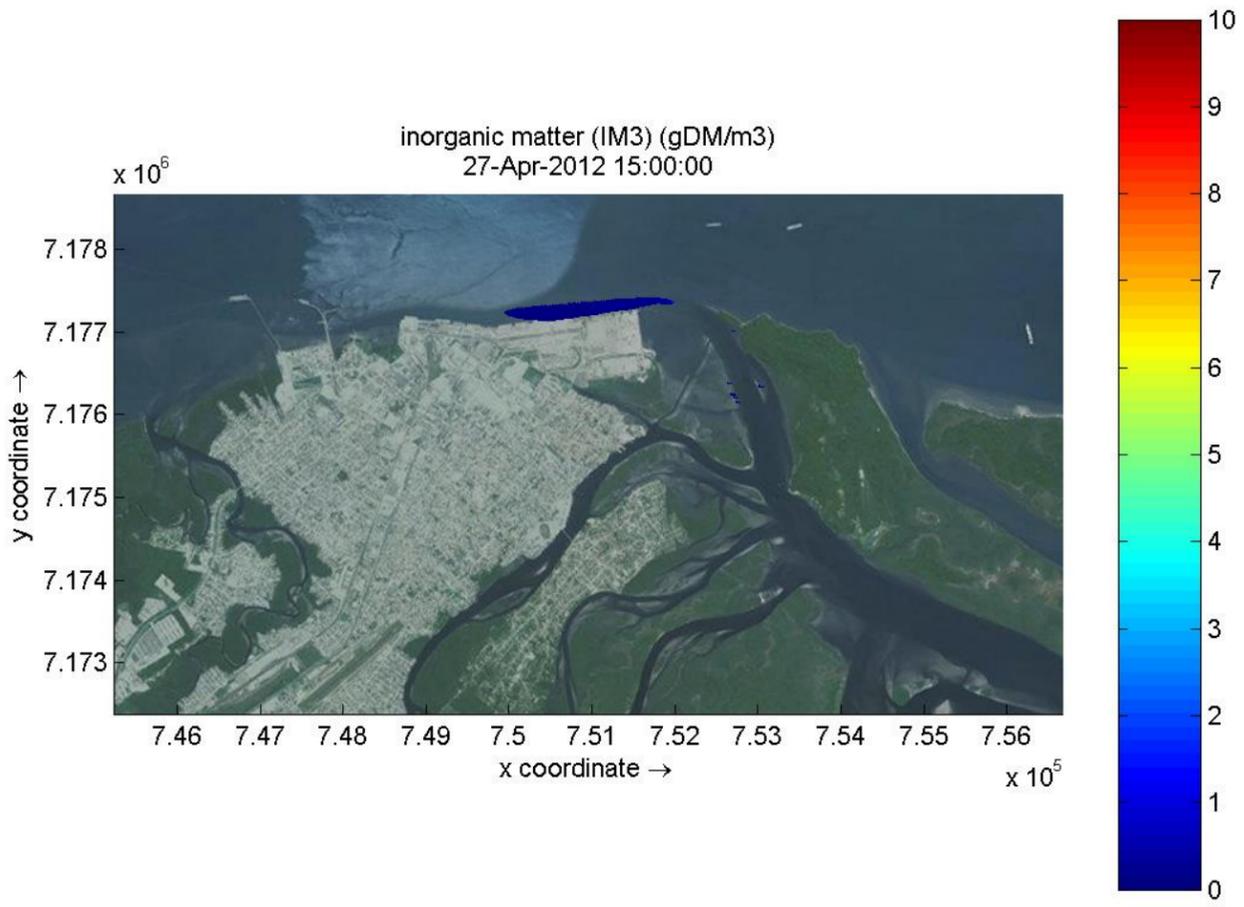
9 HORAS



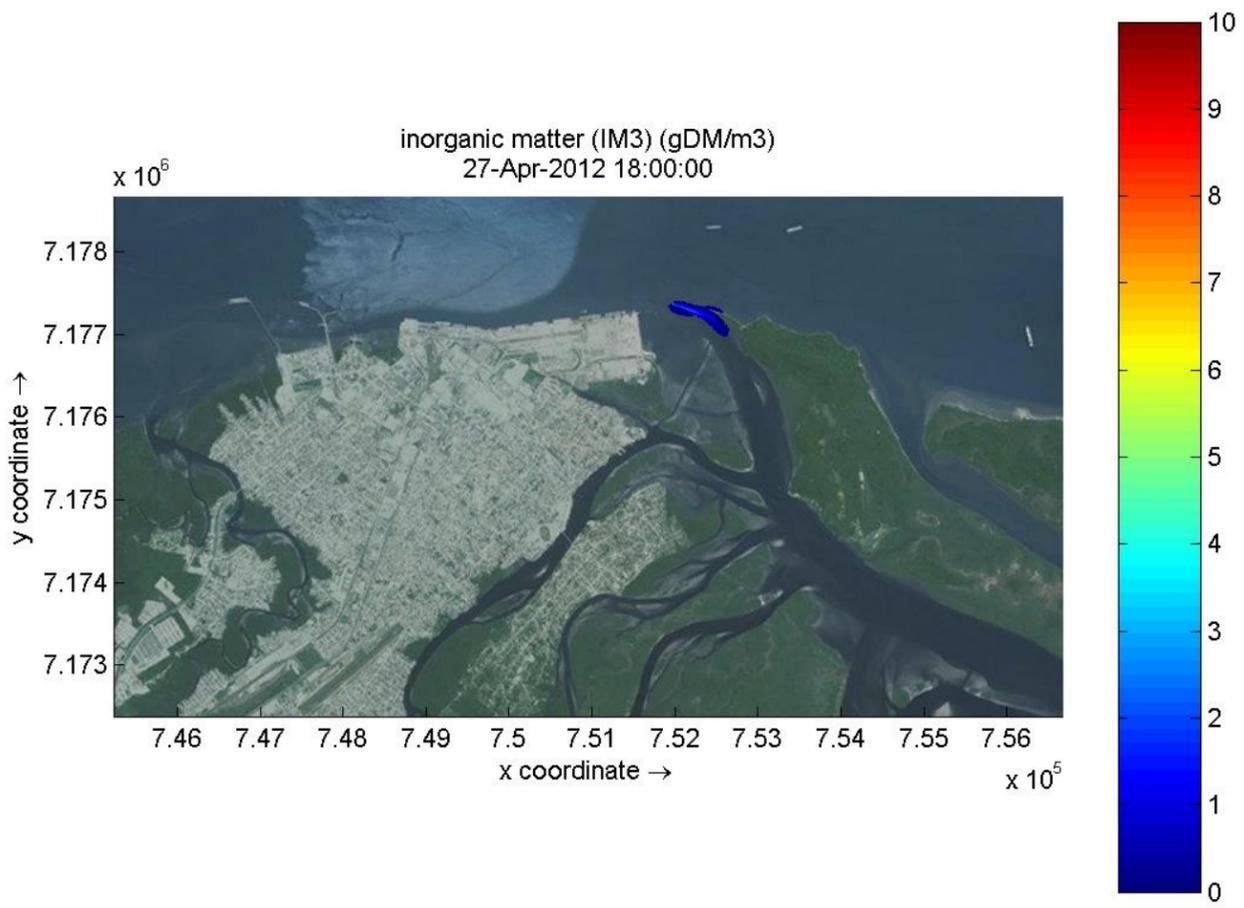
12 HORAS



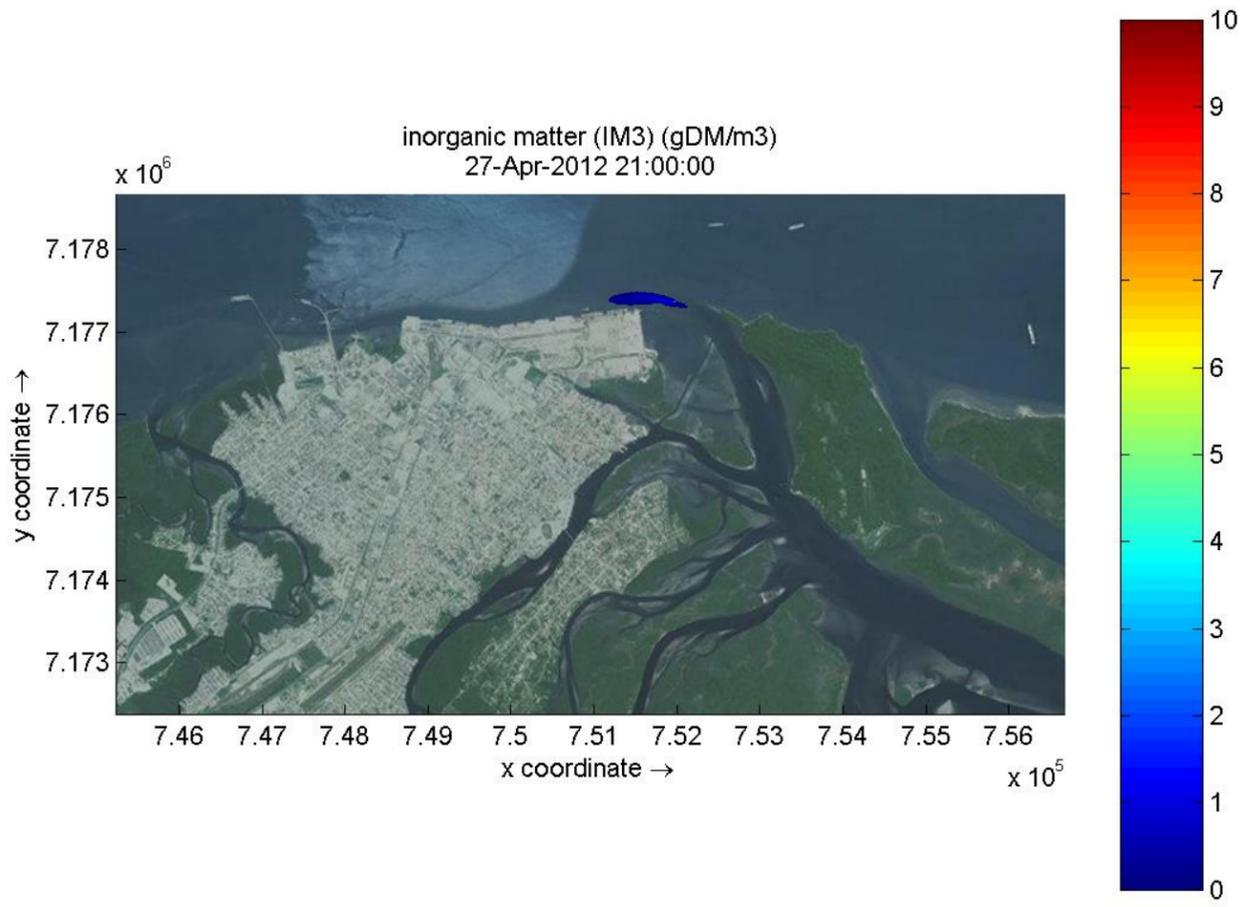
15 HORAS



18 HORAS



21 HORAS



24 HORAS

