

Lista de Figuras

CAPÍTULO 1 – Introdução

Figura 1.1 – Localização geográfica do estuário do rio Curimataú..... 2

Figura 1.2 – Sub-bacia 13 de drenagem do estuário do rio Curimataú no Rio Grande do Norte RN..... 3

Figura 1.3 – Localização geográfica do estuário do rio Curimataú e o conjunto de estações oceanográficas (1 a 8), com dados hidrográficos e de velocidade, disponíveis para validação do modelo Delft3D-Flow..... 4

Figura 1.4 – Fazendas de carcinicultura implantadas às margens do estuário do rio Curimataú..... 5

Figura 1.5 – Manguezal devastado na Barra do Cunhaú para a instalação de fazendas de camarão..... 5

Figura 1.6 – Carta geológica do estuário do rio Curimataú..... 7

Figura 1.7 – Vista do rio Curimataú nas proximidades da barra..... 9

CAPÍTULO 2 – Materiais e métodos

Figura 2.1 – Levantamento batimétrico do estuário Curimataú..... 16

Figura 2.2 – Carta náutica da região costeira ao largo da boca do rio Curimataú utilizado para a extrapolação da batimetria da grade..... 17

Figura 2.3 – Mapa batimétrico ao largo do estuário do rio Curimataú utilizado para a extrapolação da batimetria até a região da desembocadura do estuário..... 18

Figura 2.4 – Comparação da maré medida na estação fixa 3 do estuário do rio Curimataú e o nível previsto pelo programa Pacmaré para o porto de Natal durante a maré de quadratura.....	20
Figura 2.5 – Comparação da maré medida na estação fixa 3 do estuário do rio Curimataú e o nível previsto pelo programa Pacmaré para o porto de Natal durante a maré de sizígia.....	21
Figura 2.6 – Representação do domínio horizontal da grade curvilínea.....	31
Figura 2.7 – Representação da resolução espacial da grade (metros).....	32
Figura 2.8 – Representação do grau de ortogonalidade do domínio horizontal da grade curvilínea.....	33
Figura 2.9 – Representação da topografia de fundo (metros).....	33
Figura 2.10 – Representação do contorno aberto na plataforma a ser forçado por maré no qual os traços em amarelo representam os arrecifes na desembocadura do estuário.....	36
Figura 2.11 – Representação adentre os círculos vermelhos para os contornos dos rios Cunhaú (1), Curimataú (2) e Guaratuba (3).....	37
Figura 2.12 – Distribuição de densidade (kg.m^{-3}) como condição inicial.....	38
Figura 2.13 – Distribuição da salinidade como condição inicial.....	38
Figura 2.14 – Distribuição longitudinal de salinidade observada durante os regimes de quadratura (i) e sizígia (ii).....	40

CAPÍTULO 3 – Resultados experimentais e implementação e validação do modelo

Figura 3.1 – Variação temporal horária dos perfis de velocidade ($\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$) durante dois ciclos completos de maré semidiurna (25 h)..... 43

Figura 3.2 – Perfis médios de velocidade ($\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$) obtidos a partir da integração de perfis horários durante dois ciclos completos de maré semidiurna (25 h)..... 44

Figura 3.3 – Variação temporal horária dos perfis de salinidade durante dois ciclos de maré semidiurna (25 h)..... 46

Figura 3.4 – Perfis quase-estacionários de salinidade obtidos a partir da integração de perfis horários durante dois ciclos de maré semidiurna (25 h)..... 47

Figura 3.5 – Diagrama TS espalhado no estuário Curimataú obtido a partir da coleta de perfis horários durante dois ciclos de maré semidiurna (25 h)..... 48

Figura 3.6 – Classificação do estuário do rio Curimataú (estação 3) nas condições de maré de quadratura e de sizígia..... 50

Figura 3.7 – Variação temporal do número de Richardson por camada durante dois ciclos de maré semidiurna (25 h)..... 52

Figura 3.8 – Componentes do transporte de sal na maré de quadratura..... 54

Figura 3.9 – Componentes do transporte de sal na maré de sizígia..... 54

Figura 3.10 – Isopletas de salinidade durante dois ciclos semidiurnos (25 h) na maré de quadratura..... 56

Figura 3.11 – Isopletas de salinidade durante dois ciclos semidiurnos (25 h) na maré de sizígia.....	56
Figura 3.12 – Isopletas do componente longitudinal de velocidade longitudinal em ($m.s^{-1}$) durante dois ciclos semidiurnos (25 h) para a maré de quadratura.....	57
Figura 3.13 – Isopletas do componente longitudinal de velocidade longitudinal em ($m.s^{-1}$) durante dois ciclos semidiurnos (25 h) para a maré de sizígia.....	58
Figura 3.14 – Comparação da variação temporal da profundidade da coluna de água, durante o regime de maré de quadratura, entre os dados de observação e os resultados do modo barotrópico (estação 3).....	60
Figura 3.15 – Comparação da variação temporal da salinidade da coluna de água, durante o regime de maré de quadratura, entre os dados de observação e os resultados do modo barotrópico (estação 3).....	61
Figura 3.16 – Comparação da variação temporal da velocidade ($m.s^{-1}$) na coluna de água, durante o regime de maré de quadratura, entre os dados de observação e os resultados do modo barotrópico (estação 3).....	62
Figura 3.17 – Comparação da variação temporal da profundidade da coluna de água, durante o regime de maré de sizígia, entre os dados de observação e os resultados do modo barotrópico (estação 3).....	63
Figura 3.18 – Comparação da variação temporal da salinidade da coluna de água, durante o regime de maré de sizígia, entre os dados de observação e os resultados do modo barotrópico (estação 3).....	63
Figura 3.19 - Comparação da variação temporal da velocidade (m/s) da coluna de água durante o regime de maré de sizígia entre os dados de observação e os resultados do modo barotrópico (estação 3).....	64

Figura 3.20 – Comparação da variação temporal da profundidade da coluna de água, durante o regime de maré de quadratura, entre os dados de observação e os resultados do modo baroclínico (estação 3).....	65
Figura 3.21 – Comparação da variação temporal da salinidade da coluna de água, durante o regime de maré de quadratura, entre os dados de observação e os resultados do modo baroclínico (estação 3).....	66
Figura 3.22 – Comparação da variação temporal da média vertical dos perfis de salinidade e da altura da coluna de água, durante o regime de maré de quadratura, entre os dados de observação e os resultados do modo baroclínico (estação 3).....	66
Figura 3.23 – Comparação da variação temporal da velocidade (m/s) da coluna de água, durante o regime de maré de quadratura, entre os dados de observação e os resultados do modo baroclínico (estação 3).....	67
Figura 3.24 – Comparação da variação temporal da média vertical dos perfis de velocidade ($m.s^{-1}$) e da altura da coluna de água, durante o regime de maré de maré de quadratura, entre os dados de observação e os resultados do modo baroclínico (estação 3).....	68
Figura 3.25 – Comparação da variação temporal da profundidade da coluna de água, durante o regime de maré de sizígia, entre os dados de observação e os resultados do modo baroclínico (estação 3).....	69
Figura 3.26 – Comparação da variação temporal da salinidade da coluna de água, durante o regime de maré de sizígia, entre os dados de observação e os resultados do modo baroclínico (estação 3).....	70

Figura 3.27 – Comparação da variação temporal da média vertical dos perfis de salinidade e da altura da coluna de água, durante o regime de maré de sizígia, entre os dados de observação e os dados do modo baroclínico (estação 3)..... 71

Figura 3.28 – Comparação da variação temporal da velocidade (m/s) da coluna de água, durante o regime de maré de sizígia, entre os dados de observação e os resultados do modo baroclínico (estação 3)..... 72

Figura 3.29 – Comparação da variação temporal da média vertical dos perfis de velocidade (m/s) e da altura da coluna de água, durante o regime de maré de sizígia, entre os dados de observação e os resultados do modo baroclínico (estação 3)..... 73

CAPÍTULO 4 – Discussão dos resultados teóricos

Figura 4.1 – Estrutura longitudinal da salinidade no estuário do rio Curimataú simulada para as 13 h (a) e 16 h (b), do dia 06/05/2001, na enchente (maré de sizígia)..... 75

Figura 4.2 – Estrutura longitudinal da velocidade ($m.s^{-1}$) no estuário do rio Curimataú simulada para as 13:00 h (a) e 20:00 h (b) do dia 06/05/2001 na enchente e vazante, respectivamente (maré sizígia)..... 78

Figura 4.3 – Estrutura longitudinal da velocidade ($m.s^{-1}$) no estuário do rio Curimataú simulada para as 23:00 h do dia 06/05/2001, correspondente à condição de estufa de baixa-mar (maré de sizígia)..... 79

Figura 4.4 – Velocidade transversal, em $m.s^{-1}$, ao longo do estuário do rio Curimataú observadas às 13:00 h (a) e 19:00 h (b), em 06/05/2001 (maré de sizígia)..... 81

Figura 4.5 – Componentes verticais de velocidade (w em $m^2.s^{-1}$) ao longo do rio Curimataú simuladas para as marés enchente (13:00 h) (a) e vazante (19:00 h) (b) do dia 06/05/2001 (maré de sizígia).....	82
Figura 4.6 – Coeficientes cinemáticos de viscosidade (a) e difusividade (b) vertical ao longo do rio Curimataú, calculados para a enchente (13:00 h) de 06/05/2001 (maré de sizígia). Valores dos coeficientes em $m^2.s^{-1}$	84
Figura 4.7 – Energia cinética turbulenta (a) e dissipada (b) ao longo do rio Curimataú calculada para as 13:00 h de 06/05/2001 (maré de sizígia).	86
Figura 4.8 – Número de Richardson ao longo do rio Curimataú calculado para as 19:00 h de 06/05/2001 (maré vazante de sizígia). Os valores numéricos do número de Richardson são indicados pela barra de cores.....	88
Figura 4.9 – Trajetória do traçador lançado nas proximidades da cabeceira do estuário do rio Curimataú aplicando-se os modos barotrópico e baroclínico	89
Figura 4.10 – Estrutura longitudinal da salinidade no canal do Cunhaú simulada para as 13 h (a) e 16 h (b), do dia 06/05/2001, na enchente (maré de sizígia).....	91
Figura 4.11 – Estrutura longitudinal da velocidade ($m.s^{-1}$) no canal do rio Cunhaú simulada para as 13:00 h (a) e 20:00 h (b) do dia 06/05/2001 na enchente e vazante, respectivamente (maré sizígia).....	94
Figura 4.12 – Estrutura longitudinal da velocidade ($m.s^{-1}$) no canal do Cunhaú simulada para as 16:00 h do dia 06/05/2001, correspondente à condição de estufa de baixa-mar (maré de sizígia).....	95
Figura 4.13 – Velocidade transversal, em $m.s^{-1}$, ao longo do canal do Cunhaú observadas às 13:00 h (a) e 19:00 h (b), em 06/05/2001 (maré de sizígia).....	97

Figura 4.14 – Componentes verticais de velocidade (w) ao longo do canal do Cunhaú simuladas para as marés enchente (13:00 h) (a) e vazante (19:00 h) (b) do dia 06/05/2001 (maré de sizígia). Velocidade em $m.s^{-1}$	98
Figura 4.15 – Coeficientes cinemáticos de viscosidade (a) e difusividade (b) vertical ao longo do canal do Cunhaú, calculado para a enchente (13:00 h) de 06/05/2001 (maré de sizígia).....	100
Figura 4.16 – Energia cinética turbulenta (a) e dissipada (b) ao longo do canal do Cunhaú calculada para as 13:00 h de 06/05/2001 (maré de sizígia). Valores da energia turbulenta por unidade de massa em m^2/s^2 e energia dissipada por unidade de massa e tempo em m^2/s^3	102
Figura 4.17 – Número de Richardson ao longo do canal do Cunhaú simulado para as 19 horas de 06/05/2001 (maré vazante de sizígia). Os valores numéricos do número de Richardson são indicados pela barra de cores.....	103
Figura 4.18 – Trajetória do traçador lançado na cabeceira do canal do Cunhaú nos modos barotrópico e baroclínico.....	104
Figura 4.19 – Variação temporal da altura da coluna de água na estação 3 simuladas com modo barotrópico, a partir de 22/04/2001.....	105
Figura 4.20 – Variação temporal horária da salinidade simuladas na estação 3 com modo barotrópico, a partir de 22/04/2001.....	106
Figura 4.21 – Variação temporal horária do componente longitudinal da velocidade ($m.s^{-1}$) estação 3 simulada com o modo barotrópico, a partir de 22/04/2001.....	107
Figura 4.22 – Comparação das variações temporal da velocidade longitudinal média ($dm.s^{-1}$), e do transporte médio de sal ($kg.m^{-1}.s^{-1}$) na coluna de água obtidas na estação 3, simulada com o modo barotrópico, a partir de 22/04/2001.....	108

Figura 4.23 – Modulação de perfis verticais médios ($\langle s(Z) \rangle$) a cada dois ciclos semidiurnos de maré na estação 3, calculados com valores simulados com o modo baroclínico durante 16 dias, partir de 22/04/2001.....	109
Figura 4.24 – Isopletas dos perfis médios ($\langle s(Z) \rangle$) obtidos a cada dois ciclos semidiurnos na estação 3, simuladas com modo baroclínico a partir de 22/04/2001.....	109
Figura 4.25 – Modulação de perfis verticais médios ($\langle u(Z) \rangle$), a cada dois ciclos semidiurnos de maré, na estação 3, com valores simulados com o modo baroclínico durante 16 dias, partir de 22/04/2001.....	111
Figura 4.26 – Isopletas dos perfis médios de velocidade ($\langle u(Z) \rangle$) obtidos a cada dois ciclos semidiurnos na estação 3, simuladas com modo baroclínico a partir de 22/04/2001.....	111
Figura 4.27 – Modulação de perfis verticais médios do transporte advectivo de sal (T_s), por unidade de largura, a cada dois ciclos semidiurnos de maré, na estação 3, com valores simulados com o modo baroclínico durante 16 dias, partir de 22/04/2001.....	112
Figura 4.28 – Isopletas dos perfis médios do transporte advectivo de sal (T_s), por unidade de largura, obtidos a cada dois ciclos semidiurnos na estação 3, simuladas com o modo baroclínico a partir de 22/04/2001.....	113
Figura 4.29 – Modulação quinzenal do número médio de Richardson por camada (Ri_L), para cada dois ciclos semidiurnos, na estação 3, simulado com o modo baroclínico a partir de 22/04/2001.....	113

Figura 4.30 – Variação temporal da classificação do estuário segundo o Diagrama Estratificação-circulação obtida a cada dois ciclos semidiurnos na estação 3, com simulações com o modo baroclínico a partir de 22/04/2001..... 115

Figura 4.31 – Variação temporal dos parâmetros de circulação (pc) e de estratificação (pe) obtida a cada dois ciclos semidiurnos na estação 3, com simulações com o modo baroclínico a partir de 22/04/2001..... 115