



RELATÓRIO TÉCNICO		Nº: RE-DPB-13.02.0-362-EIC-003									
USUÁRIO:		COMPANHIA DOCAS DA PARAÍBA – DOCAS/PB						FOLHA:		1 de 114	
EMPREENDIMENTO:		ELABORAÇÃO DE PROJETO DE MODELAGEM NUMÉRICA AVALIAÇÃO DOS IMPACTOS DO MOLHE DO PORTO DE CABEDELO NO PADRÃO DE CIRCULAÇÃO E PROPAGAÇÃO DE ONDAS, NO MUNICÍPIO DE CABEDELO, ESTADO DA PARAÍBA						DATA:		19/04/2013	
UNIDADE:		CABEDELO - PB						NOME DO ARQUIVO:		RE-DPB-13.02.0-362-EIC-003	
EQUIPE DE PROJETO:											
COORDENADOR: ENG. WALTER MOREIRA LIMA FILHO CREA 5.730 – D/PE ENG. ROMERO DÁVILA COELHO CREA 29.498 – D/PE											
ÍNDICE DE REVISÕES											
REV.	DESCRIÇÃO E/OU FOLHAS ATINGIDAS										
0	EMISSÃO INICIAL										
	ORIGINAL	REV 1	REV. 2	REV. 3	REV. 4	REV. 5	REV. 6	REV. 7	REV. 8		
DATA	19/04/2013										
EXECUÇÃO	ROMERO										
VERIFICAÇÃO	ROMERO										
APROVAÇÃO	WALTER										



MODELAGEM NUMÉRICA HIDRODINÂMICA COMO SUBSÍDIO À ANÁLISE DOS IMPACTOS GERADOS PELO PROLONGAMENTO DO MOLHE DO PORTO DE CABEDELO NO PADRÃO DE CIRCULAÇÃO



RELATÓRIO TÉCNICO
Abril/13

ÍNDICE

1. INTRODUÇÃO	16
1.1. ÁREA DE ESTUDO.....	16
2. CARACTERIZAÇÃO METEOROLÓGICA, OCEANOGRÁFICA E HIDROLÓGICA	17
2.1. DADOS DE MARÉ E CORRENTES	17
2.2 DADOS DE VENTO	22
2.3 DADOS DE VAZÃO	23
3. MODELAGEM HIDRODINÂMICA.....	24
3.1. DESCRIÇÃO DO MODELO DELFT3D-FLOW	24
3.2 BATIMETRIA.....	25
3.3. DISCRETIZAÇÃO DO DOMÍNIO DE CÁLCULO	27
3.4. CONDIÇÕES DE CONTORNO, DADOS DE ENTRADA E CALIBRAÇÃO DO MODELO HIDRODINÂMICO	29
4. EFEITOS DO PROLONGAMENTO DO MOLHE NOS PADRÕES DE CIRCULAÇÃO ..	33
5. BIBLIOGRAFIA.....	114

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Localização do ponto de fundeio do ADCP nas proximidades da boia no. 8 de sinalização do canal de acesso ao Porto de Cabedelo, desembocadura do Rio Paraíba. Coordenadas geográficas: 6° 57' 20,26" S e 34° 50' 27,92" O (datum WGS 84).	17
Figura 2: Maré total (painel superior), maré meteorológica (painel central) e maré astronômica (painel inferior) medida na desembocadura do Rio Paraíba, nas seguintes coordenadas geográficas: 6° 57' 20,26" S e 34° 50' 27,92" O (datum WGS 84).	18
Figura 3: Espectro de potência da maré medida na desembocadura do Rio Paraíba, nas seguintes coordenadas geográficas: 6° 57' 20,26" S e 34° 50' 27,92" O (datum WGS 84). ..	18
Figura 4: Componente u (azul) e v (vermelho) da corrente medida na desembocadura do Rio Paraíba, nas seguintes coordenadas geográficas: 6° 57' 20,26" S e 34° 50' 27,92" O. ..	19
Figura 5: Diagrama polar de ocorrências dos dados de corrente medidos na desembocadura do Rio Paraíba, nas seguintes coordenadas geográficas: 6° 57' 20,26" S e 34° 50' 27,92" O (datum WGS 84) (convenção vetorial) – corrente integrada na vertical. ..	20



Figura 6: Diagrama vetorial progressivo da corrente medida na desembocadura do Rio Paraíba, nas seguintes coordenadas geográficas: 6° 57' 20,26" S e 34° 50' 27,92" O	21
Figura 7: Espectro de potência da corrente medida na desembocadura do Rio Paraíba, nas seguintes coordenadas geográficas: 6° 57' 20,26" S e 34° 50' 27,92" O	21
Figura 8: Rosa dos ventos elaborada a partir dos dados de reanálise do programa CFSR-NCEP para o período compreendido entre 1° de janeiro de 1970 e 31 de dezembro de 2010 (convenção meteorológica).	22
Figura 9: Série temporal da descarga fluvial média mensal entre 1970 e 1997 (painel superior esquerdo), médias das descargas médias mensais e intervalo superior e inferior do desvio padrão (painel superior direito), máxima vazão diária observada, por mês (painel inferior esquerdo) e mínima vazão diária observada, por mês (painel inferior direito).	23
Figura 10: Carta náutica nº 22100 da DHN utilizada para obtenção de dados batimétricos em águas profundas.	25
Figura 11: Carta náutica nº 806 da DHN, com detalhe na plataforma interna adjacente a Cabedelo.	26
Figura 12: Detalhe da carta náutica nº 830 da DHN, nas proximidades do molhe de fixação da desembocadura do Rio Paraíba.	26
Figura 13: Batimetria interpolada, com detalhe na desembocadura do Rio Paraíba e Porto de Cabedelo.	27
Figura 14: Grade numérica do modelo hidrodinâmico.	28
Figura 15: Detalhe da grade numérica do modelo hidrodinâmico na área de maior interesse desembocadura do Rio Paraíba e proximidades do molhe de fixação da desembocadura.	28
Figura 16: Esquematização das condições de contorno na grade numérica do modelo hidrodinâmico implementado na região de Cabedelo.	29
Figura 17: Série temporal de maré medida (azul) e calculada pelo modelo (vermelho).	31
Figura 18: Séries temporais da componente u (painel superior) e componente v (painel inferior) dos dados medidos (azul) e calculados pelo modelo (vermelho).	31



Figura 19: Campo vetorial de correntes para um instante de maré vazante.	32
Figura 20: Campo vetorial de correntes para um instante de maré enchente.	32
Figura 21: Cenário atual utilizado nas simulações.	33
Figura 22: Cenário futuro utilizado nas simulações – prolongamento do molhe em 150 m.	34
Figura 23: Variação na intensidade (painel superior esquerdo) e direção (painel direito) das correntes geradas pelo prolongamento do molhe em 150 m. Circulação induzida pela ação das marés astronômicas, com descarga fluvial média – maré de quadratura, passo de tempo 1.....	35
Figura 24: Variação na intensidade (painel superior esquerdo) e direção (painel direito) das correntes geradas pelo prolongamento do molhe em 150 m. Circulação induzida pela ação das marés astronômicas, com descarga fluvial média – maré de quadratura, passo de tempo 2.....	36
Figura 25: Variação na intensidade (painel superior esquerdo) e direção (painel direito) das correntes geradas pelo prolongamento do molhe em 150 m. Circulação induzida pela ação das marés astronômicas, com descarga fluvial média – maré de quadratura, passo de tempo 3.....	37
Figura 26: Variação na intensidade (painel superior esquerdo) e direção (painel direito) das correntes geradas pelo prolongamento do molhe em 150 m. Circulação induzida pela ação das marés astronômicas, com descarga fluvial média – maré de quadratura, passo de tempo 4.....	38
Figura 27: Variação na intensidade (painel superior esquerdo) e direção (painel direito) das correntes geradas pelo prolongamento do molhe em 150 m. Circulação induzida pela ação das marés astronômicas, com descarga fluvial média – maré de quadratura, passo de tempo.....	39
Figura 28: Variação na intensidade (painel superior esquerdo) e direção (painel direito) das correntes geradas pelo prolongamento do molhe em 150 m. Circulação induzida pela ação das marés astronômicas, com descarga fluvial média – maré de quadratura, passo de tempo.....	40
Figura 29: Variação na intensidade (painel superior esquerdo) e direção (painel direito) das correntes geradas pelo prolongamento do molhe em 150 m. Circulação induzida pela ação	



das marés astronômicas, com descarga fluvial média – maré de quadratura, passo de tempo 7.....41

Figura 30: Variação na intensidade (painel superior esquerdo) e direção (painel direito) das correntes geradas pelo prolongamento do molhe em 150 m. Circulação induzida pela ação das marés astronômicas, com descarga fluvial média – maré de quadratura, passo de tempo 8.....42

Figura 31: Variação na intensidade (painel superior esquerdo) e direção (painel direito) das correntes geradas pelo prolongamento do molhe em 150 m. Circulação induzida pela ação das marés astronômicas, com descarga fluvial média – maré de quadratura, passo de tempo 9.....43

Figura 32: Variação na intensidade (painel superior esquerdo) e direção (painel direito) das correntes geradas pelo prolongamento do molhe em 150 m. Circulação induzida pela ação das marés astronômicas, com descarga fluvial média – maré de quadratura, passo de tempo 10.....44

Figura 33: Variação na intensidade (painel superior esquerdo) e direção (painel direito) das correntes geradas pelo prolongamento do molhe em 150 m. Circulação induzida pela ação das marés astronômicas, com descarga fluvial média – maré de quadratura, passo de tempo 11.....45

Figura 34: Variação na intensidade (painel superior esquerdo) e direção (painel direito) das correntes geradas pelo prolongamento do molhe em 150 m. Circulação induzida pela ação das marés astronômicas, com descarga fluvial média – maré de quadratura, passo de tempo 12.....46

Figura 35: Variação na intensidade (painel superior esquerdo) e direção (painel direito) das correntes geradas pelo prolongamento do molhe em 150 m. Circulação induzida pela ação das marés astronômicas, com descarga fluvial média – maré de quadratura, passo de tempo 13.....47

Figura 36: Variação na intensidade (painel superior esquerdo) e direção (painel direito) das correntes geradas pelo prolongamento do molhe em 150 m. Circulação induzida pela ação das marés astronômicas, com descarga fluvial média – maré de sizígia, passo de tempo 1.48



Figura 37: Variação na intensidade (painel superior esquerdo) e direção (painel direito) das correntes geradas pelo prolongamento do molhe em 150 m. Circulação induzida pela ação das marés astronômicas, com descarga fluvial média – maré de sizígia, passo de tempo 2.	49
Figura 38: Variação na intensidade (painel superior esquerdo) e direção (painel direito) das correntes geradas pelo prolongamento do molhe em 150 m. Circulação induzida pela ação das marés astronômicas, com descarga fluvial média – maré de sizígia, passo de tempo 3.	50
Figura 39: Variação na intensidade (painel superior esquerdo) e direção (painel direito) das correntes geradas pelo prolongamento do molhe em 150 m. Circulação induzida pela ação das marés astronômicas, com descarga fluvial média – maré de sizígia, passo de tempo 4.	51
Figura 40: Variação na intensidade (painel superior esquerdo) e direção (painel direito) das correntes geradas pelo prolongamento do molhe em 150 m. Circulação induzida pela ação das marés astronômicas, com descarga fluvial média – maré de sizígia, passo de tempo 5.	52
Figura 41: Variação na intensidade (painel superior esquerdo) e direção (painel direito) das correntes geradas pelo prolongamento do molhe em 150 m. Circulação induzida pela ação das marés astronômicas, com descarga fluvial média – maré de sizígia, passo de tempo 6.	53
Figura 42: Variação na intensidade (painel superior esquerdo) e direção (painel direito) das correntes geradas pelo prolongamento do molhe em 150 m. Circulação induzida pela ação das marés astronômicas, com descarga fluvial média – maré de sizígia, passo de tempo 7.	54
Figura 43: Variação na intensidade (painel superior esquerdo) e direção (painel direito) das correntes geradas pelo prolongamento do molhe em 150 m. Circulação induzida pela ação das marés astronômicas, com descarga fluvial média – maré de sizígia, passo de tempo 8.	55
Figura 44: Variação na intensidade (painel superior esquerdo) e direção (painel direito) das correntes geradas pelo prolongamento do molhe em 150 m. Circulação induzida pela ação	



das marés astronômicas, com descarga fluvial média – maré de sizígia, passo de tempo 9.
.....56

Figura 45: Variação na intensidade (painel superior esquerdo) e direção (painel direito) das correntes geradas pelo prolongamento do molhe em 150 m. Circulação induzida pela ação das marés astronômicas, com descarga fluvial média – maré de sizígia, passo de tempo 10.....57

Figura 46: Variação na intensidade (painel superior esquerdo) e direção (painel direito) das correntes geradas pelo prolongamento do molhe em 150 m. Circulação induzida pela ação das marés astronômicas, com descarga fluvial média – maré de sizígia, passo de tempo 11.....58

Figura 47: Variação na intensidade (painel superior esquerdo) e direção (painel direito) das correntes geradas pelo prolongamento do molhe em 150 m. Circulação induzida pela ação das marés astronômicas, com descarga fluvial média – maré de sizígia, passo de tempo 12.....59

Figura 48: Variação na intensidade (painel superior esquerdo) e direção (painel direito) das correntes geradas pelo prolongamento do molhe em 150 m. Circulação induzida pela ação das marés astronômicas, com descarga fluvial média – maré de sizígia, passo de tempo 13.....60

Figura 49: Variação na intensidade (painel superior esquerdo) e direção (painel direito) das correntes geradas pelo prolongamento do molhe em 150 m. Circulação induzida pela ação das marés astronômicas, sem vento e com valores de descarga fluvial média – maré de quadratura, passo de tempo 1.....61

Figura 50: Variação na intensidade (painel superior esquerdo) e direção (painel direito) das correntes geradas pelo prolongamento do molhe em 150 m. Circulação induzida pela ação das marés astronômicas, sem vento e com valores de descarga fluvial média – maré de quadratura, passo de tempo 2.....62

Figura 51: Variação na intensidade (painel superior esquerdo) e direção (painel direito) das correntes geradas pelo prolongamento do molhe em 150 m. Circulação induzida pela ação das marés astronômicas, sem vento e com valores de descarga fluvial média – maré de quadratura, passo de tempo 3.....63



Figura 52: Variação na intensidade (painel superior esquerdo) e direção (painel direito) das correntes geradas pelo prolongamento do molhe em 150 m. Circulação induzida pela ação das marés astronômicas, sem vento e com valores de descarga fluvial média – maré de quadratura, passo de tempo 4.....64

Figura 53: Variação na intensidade (painel superior esquerdo) e direção (painel direito) das correntes geradas pelo prolongamento do molhe em 150 m. Circulação induzida pela ação das marés astronômicas, sem vento e com valores de descarga fluvial média – maré de quadratura, passo de tempo 5.....65

Figura 54: Variação na intensidade (painel superior esquerdo) e direção (painel direito) das correntes geradas pelo prolongamento do molhe em 150 m. Circulação induzida pela ação das marés astronômicas, sem vento e com valores de descarga fluvial média – maré de quadratura, passo de tempo 6.....66

Figura 55: Variação na intensidade (painel superior esquerdo) e direção (painel direito) das correntes geradas pelo prolongamento do molhe em 150 m. Circulação induzida pela ação das marés astronômicas, sem vento e com valores de descarga fluvial média – maré de quadratura, passo de tempo 7.....67

Figura 56: Variação na intensidade (painel superior esquerdo) e direção (painel direito) das correntes geradas pelo prolongamento do molhe em 150 m. Circulação induzida pela ação das marés astronômicas, sem vento e com valores de descarga fluvial média – maré de quadratura, passo de tempo 8.....68

Figura 57: Variação na intensidade (painel superior esquerdo) e direção (painel direito) das correntes geradas pelo prolongamento do molhe em 150 m. Circulação induzida pela ação das marés astronômicas, sem vento e com valores de descarga fluvial média – maré de quadratura, passo de tempo 9.....69

Figura 58: Variação na intensidade (painel superior esquerdo) e direção (painel direito) das correntes geradas pelo prolongamento do molhe em 150 m. Circulação induzida pela ação das marés astronômicas, sem vento e com valores de descarga fluvial média – maré de quadratura, passo de tempo 10.....70

Figura 59: Variação na intensidade (painel superior esquerdo) e direção (painel direito) das correntes geradas pelo prolongamento do molhe em 150 m. Circulação induzida pela ação



das marés astronômicas, sem vento e com valores de descarga fluvial média – maré de quadratura, passo de tempo 11.....71

Figura 60: Variação na intensidade (painel superior esquerdo) e direção (painel direito) das correntes geradas pelo prolongamento do molhe em 150 m. Circulação induzida pela ação das marés astronômicas, sem vento e com valores de descarga fluvial média – maré de quadratura, passo de tempo 12.....72

Figura 61: Variação na intensidade (painel superior esquerdo) e direção (painel direito) das correntes geradas pelo prolongamento do molhe em 150 m. Circulação induzida pela ação das marés astronômicas, sem vento e com valores de descarga fluvial média – maré de quadratura, passo de tempo 13.....73

Figura 62: Variação na intensidade (painel superior esquerdo) e direção (painel direito) das correntes geradas pelo prolongamento do molhe em 150 m. Circulação induzida pela ação das marés astronômicas, sem vento e com valores de descarga fluvial média – maré de sizígia, passo de tempo 1.....74

Figura 63: Variação na intensidade (painel superior esquerdo) e direção (painel direito) das correntes geradas pelo prolongamento do molhe em 150 m. Circulação induzida pela ação das marés astronômicas, sem vento e com valores de descarga fluvial média – maré de sizígia, passo de tempo 2.....75

Figura 64: Variação na intensidade (painel superior esquerdo) e direção (painel direito) das correntes geradas pelo prolongamento do molhe em 150 m. Circulação induzida pela ação das marés astronômicas, sem vento e com valores de descarga fluvial média – maré de sizígia, passo de tempo 3.....76

Figura 65: Variação na intensidade (painel superior esquerdo) e direção (painel direito) das correntes geradas pelo prolongamento do molhe em 150 m. Circulação induzida pela ação das marés astronômicas, sem vento e com valores de descarga fluvial média – maré de sizígia, passo de tempo 4.....77

Figura 66: Variação na intensidade (painel superior esquerdo) e direção (painel direito) das correntes geradas pelo prolongamento do molhe em 150 m. Circulação induzida pela ação das marés astronômicas, sem vento e com valores de descarga fluvial média – maré de sizígia, passo de tempo 5.....78



Figura 67: Variação na intensidade (painel superior esquerdo) e direção (painel direito) das correntes geradas pelo prolongamento do molhe em 150 m. Circulação induzida pela ação das marés astronômicas, sem vento e com valores de descarga fluvial média – maré de sizígia, passo de tempo 6.	79
Figura 68: Variação na intensidade (painel superior esquerdo) e direção (painel direito) das correntes geradas pelo prolongamento do molhe em 150 m. Circulação induzida pela ação das marés astronômicas, sem vento e com valores de descarga fluvial média – maré de sizígia, passo de tempo 7.	80
Figura 69: Variação na intensidade (painel superior esquerdo) e direção (painel direito) das correntes geradas pelo prolongamento do molhe em 150 m. Circulação induzida pela ação das marés astronômicas, sem vento e com valores de descarga fluvial média – maré de sizígia, passo de tempo 8.	81
Figura 70: Variação na intensidade (painel superior esquerdo) e direção (painel direito) das correntes geradas pelo prolongamento do molhe em 150 m. Circulação induzida pela ação das marés astronômicas, sem vento e com valores de descarga fluvial média – maré de sizígia, passo de tempo 9.	82
Figura 71: Variação na intensidade (painel superior esquerdo) e direção (painel direito) das	83
Figura 72: Variação na intensidade (painel superior esquerdo) e direção (painel direito) das correntes geradas pelo prolongamento do molhe em 150 m. Circulação induzida pela ação das marés astronômicas, sem vento e com valores de descarga fluvial média – maré de sizígia, passo de tempo 11.	84
Figura 73: Variação na intensidade (painel superior esquerdo) e direção (painel direito) das correntes geradas pelo prolongamento do molhe em 150 m. Circulação induzida pela ação das marés astronômicas, sem vento e com valores de descarga fluvial média – maré de sizígia, passo de tempo 12.	85
Figura 74: Variação na intensidade (painel superior esquerdo) e direção (painel direito) das correntes geradas pelo prolongamento do molhe em 150 m. Circulação induzida pela ação das marés astronômicas, sem vento e com valores de descarga fluvial média – maré de sizígia, passo de tempo 13.	86



Figura 75: Variação na intensidade (painel superior esquerdo) e direção (painel direito) das correntes geradas pelo prolongamento do molhe em 150 m. Circulação induzida pela ação combinada das marés astronômicas, vento e alta descarga fluvial – maré de quadratura, passo de tempo 1.	87
Figura 76: Variação na intensidade (painel superior esquerdo) e direção (painel direito) das correntes geradas pelo prolongamento do molhe em 150 m. Circulação induzida pela ação combinada das marés astronômicas, vento e alta descarga fluvial – maré de quadratura, passo de tempo 2.	88
Figura 77: Variação na intensidade (painel superior esquerdo) e direção (painel direito) das correntes geradas pelo prolongamento do molhe em 150 m. Circulação induzida pela ação combinada das marés astronômicas, vento e alta descarga fluvial – maré de quadratura, passo de tempo 3.	89
Figura 78: Variação na intensidade (painel superior esquerdo) e direção (painel direito) das correntes geradas pelo prolongamento do molhe em 150 m. Circulação induzida pela ação combinada das marés astronômicas, vento e alta descarga fluvial – maré de quadratura, passo de tempo 4.	90
Figura 79: Variação na intensidade (painel superior esquerdo) e direção (painel direito) das correntes geradas pelo prolongamento do molhe em 150 m. Circulação induzida pela ação combinada das marés astronômicas, vento e alta descarga fluvial – maré de quadratura, passo de tempo 5.	91
Figura 80: Variação na intensidade (painel superior esquerdo) e direção (painel direito) das correntes geradas pelo prolongamento do molhe em 150 m. Circulação induzida pela ação combinada das marés astronômicas, vento e alta descarga fluvial – maré de quadratura, passo de tempo 6.	92
Figura 81: Variação na intensidade (painel superior esquerdo) e direção (painel direito) das correntes geradas pelo prolongamento do molhe em 150 m. Circulação induzida pela ação combinada das marés astronômicas, vento e alta descarga fluvial – maré de quadratura, passo de tempo 7.	93
Figura 82: Variação na intensidade (painel superior esquerdo) e direção (painel direito) das correntes geradas pelo prolongamento do molhe em 150 m. Circulação induzida pela ação	



combinada das marés astronômicas, vento e alta descarga fluvial – maré de quadratura, passo de tempo 8.94

Figura 83: Variação na intensidade (painel superior esquerdo) e direção (painel direito) das correntes geradas pelo prolongamento do molhe em 150 m. Circulação induzida pela ação combinada das marés astronômicas, vento e alta descarga fluvial – maré de quadratura, passo de tempo 9.95

Figura 84: Variação na intensidade (painel superior esquerdo) e direção (painel direito) das correntes geradas pelo prolongamento do molhe em 150 m. Circulação induzida pela ação combinada das marés astronômicas, vento e alta descarga fluvial – maré de quadratura, passo de tempo 10.96

Figura 85: Variação na intensidade (painel superior esquerdo) e direção (painel direito) das correntes geradas pelo prolongamento do molhe em 150 m. Circulação induzida pela ação combinada das marés astronômicas, vento e alta descarga fluvial – maré de quadratura, passo de tempo 11.97

Figura 86: Variação na intensidade (painel superior esquerdo) e direção (painel direito) das correntes geradas pelo prolongamento do molhe em 150 m. Circulação induzida pela ação combinada das marés astronômicas, vento e alta descarga fluvial – maré de quadratura, passo de tempo 12.98

Figura 87: Variação na intensidade (painel superior esquerdo) e direção (painel direito) das correntes geradas pelo prolongamento do molhe em 150 m. Circulação induzida pela ação combinada das marés astronômicas, vento e alta descarga fluvial – maré de quadratura, passo de tempo 13.99

Figura 88: Variação na intensidade (painel superior esquerdo) e direção (painel direito) das correntes geradas pelo prolongamento do molhe em 150 m. Circulação induzida pela ação combinada das marés astronômicas, vento e alta descarga fluvial – maré de sizígia, passo de tempo 1.100

Figura 89: Variação na intensidade (painel superior esquerdo) e direção (painel direito) das correntes geradas pelo prolongamento do molhe em 150 m. Circulação induzida pela ação combinada das marés astronômicas, vento e alta descarga fluvial – maré de sizígia, passo de tempo 2.101



Figura 90: Variação na intensidade (painel superior esquerdo) e direção (painel direito) das correntes geradas pelo prolongamento do molhe em 150 m. Circulação induzida pela ação combinada das marés astronômicas, vento e alta descarga fluvial – maré de sizígia, passo de tempo 3.....	102
Figura 91: Variação na intensidade (painel superior esquerdo) e direção (painel direito) das correntes geradas pelo prolongamento do molhe em 150 m. Circulação induzida pela ação combinada das marés astronômicas, vento e alta descarga fluvial – maré de sizígia, passo de tempo 4.....	103
Figura 92: Variação na intensidade (painel superior esquerdo) e direção (painel direito) das correntes geradas pelo prolongamento do molhe em 150 m. Circulação induzida pela ação combinada das marés astronômicas, vento e alta descarga fluvial – maré de sizígia, passo de tempo 5.....	104
Figura 93: Variação na intensidade (painel superior esquerdo) e direção (painel direito) das correntes geradas pelo prolongamento do molhe em 150 m. Circulação induzida pela ação combinada das marés astronômicas, vento e alta descarga fluvial – maré de sizígia, passo de tempo 6.....	105
Figura 94: Variação na intensidade (painel superior esquerdo) e direção (painel direito) das correntes geradas pelo prolongamento do molhe em 150 m. Circulação induzida pela ação combinada das marés astronômicas, vento e alta descarga fluvial – maré de sizígia, passo de tempo 7.....	106
Figura 95: Variação na intensidade (painel superior esquerdo) e direção (painel direito) das correntes geradas pelo prolongamento do molhe em 150 m. Circulação induzida pela ação combinada das marés astronômicas, vento e alta descarga fluvial – maré de sizígia, passo de tempo 8.....	107
Figura 96: Variação na intensidade (painel superior esquerdo) e direção (painel direito) das correntes geradas pelo prolongamento do molhe em 150 m. Circulação induzida pela ação combinada das marés astronômicas, vento e alta descarga fluvial – maré de sizígia, passo de tempo 9.....	108
Figura 97: Variação na intensidade (painel superior esquerdo) e direção (painel direito) das correntes geradas pelo prolongamento do molhe em 150 m. Circulação induzida pela ação	



combinada das marés astronômicas, vento e alta descarga fluvial – maré de sizígia, passo de tempo 10.....109

Figura 98: Variação na intensidade (painel superior esquerdo) e direção (painel direito) das correntes geradas pelo prolongamento do molhe em 150 m. Circulação induzida pela ação combinada das marés astronômicas, vento e alta descarga fluvial – maré de sizígia, passo de tempo 11.....110

Figura 99: Variação na intensidade (painel superior esquerdo) e direção (painel direito) das correntes geradas pelo prolongamento do molhe em 150 m. Circulação induzida pela ação combinada das marés astronômicas, vento e alta descarga fluvial – maré de sizígia, passo de tempo 12.....111

Figura 100: Variação na intensidade (painel superior esquerdo) e direção (painel direito) das correntes geradas pelo prolongamento do molhe em 150 m. Circulação induzida pela ação combinada das marés astronômicas, vento e alta descarga fluvial – maré de sizígia, passo de tempo 13.112



1. INTRODUÇÃO

Com o objetivo de dar os subsídios necessários à Companhia Docas do Estado da Paraíba na avaliação dos impactos gerados pelo prolongamento do molhe de fixação da desembocadura do Rio Paraíba, são apresentados os procedimentos de implementação e os resultados do modelo numérico hidrodinâmico utilizado para identificar e quantificar os efeitos do prolongamento nos padrões de circulação hidrodinâmica local.

No Capítulo 2 são apresentados os resultados da análise de dados meteorológicos, oceanográficos e hidrológicos disponíveis para a região. No Capítulo 3 são apresentadas as características do modelo numérico utilizado e os procedimentos de implementação, com detalhamento nos processos de discretização do domínio, processamento dos dados de batimetria, condições iniciais e de contorno e parâmetros de configuração. No Capítulo 3 são apresentados os resultados das simulações e das análises realizadas para identificar e quantificar os efeitos da ampliação do molhe no padrão de circulação.

Este estudo está inserido no âmbito do projeto intitulado: ELABORAÇÃO DO PROJETO DE MODELAGEM NUMÉRICA PARA AVALIAÇÃO DOS IMPACTOS DA AMPLIAÇÃO DO MOLHE DO PORTO DE CABEDELLO NO PADRÃO DE CIRCULAÇÃO E PROPAGAÇÃO DE ONDAS, contratado pela Companhia Docas do Estado da Paraíba.

1.1. ÁREA DE ESTUDO

O Rio Paraíba do Norte, ou simplesmente Rio Paraíba, banha o Estado da Paraíba e é um dos mais importantes para a região devido à sua extensão e relevância econômica. Parte de seu leito desaparece em épocas de seca, embora a partir de seu médio curso seja sempre perene. Nasce a mais de mil metros de altitude, na Serra de Jabitacá, Município de Monteiro, divisa com Pernambuco, percorrendo toda a região centro-sul do estado e banhando uma área de 20.071,83 km², compreendida entre as latitudes 6°51'31" S e 8°26'21" S e as longitudes 34°48'35" e 37°2'15" a oeste do meridiano de Greenwich.

Seu curso total tem 380 km e segue o sentido sudoeste-nordeste, quando então deságua no Oceano Atlântico, entre os municípios de Cabedelo, Lucena, Santa Rita, Bayeux e João Pessoa, formando uma foz do tipo mista. Em seu estuário encontram-se dezenas de desembocaduras de outros rios, manguezais, o Porto de Cabedelo - escoadouro da capital paraibana - e também diversas ilhas, como Restinga, Stuart e Tiriri. No alto curso recebe, entre outros afluentes, o Rio Taperoá, antes de formar o Açude Boqueirão. No médio curso tem como principal afluente o Rio Paraibinha, que forma a Represa de Acauã, e o Rio Gurinhém, a partir do qual passa a correr em seu baixo curso, onde seus principais tributários são o Rio Paroeira e o Rio Sanhauá, que separa as cidades de João Pessoa e Bayeux.



2. CARACTERIZAÇÃO METEOROLÓGICA, OCEANOGRÁFICA E HIDROLÓGICA

Nesta fase do estudo são apresentados os resultados do processo de compilação, processamento, análise e interpretação dos dados oceanográficos, meteorológicos e hidrológicos disponíveis para a região, os quais foram utilizados para (1) caracterização do ambiente e entendimento dos principais processos atuantes; (2) fornecimento das condições de contorno para os modelos implementados e (3) calibração do modelo hidrodinâmico.

2.1. DADOS DE MARÉ E CORRENTES

Os dados de maré e correntes analisados, foram coletados com um Perfilador Acústico de Correntes (ADCP – Acoustic Doppler Current Profiler), fundeado na desembocadura do Rio Paraíba, num local com aproximadamente 5 m de profundidade (DHN), nas seguintes coordenadas geográficas: 6° 57' 20,26" S e 34° 50' 27,92" O (datum WGS 84) (FIGURA 1). As medições foram conduzidas no período compreendido entre os dias 12/03/2013 e 16/04/2013.

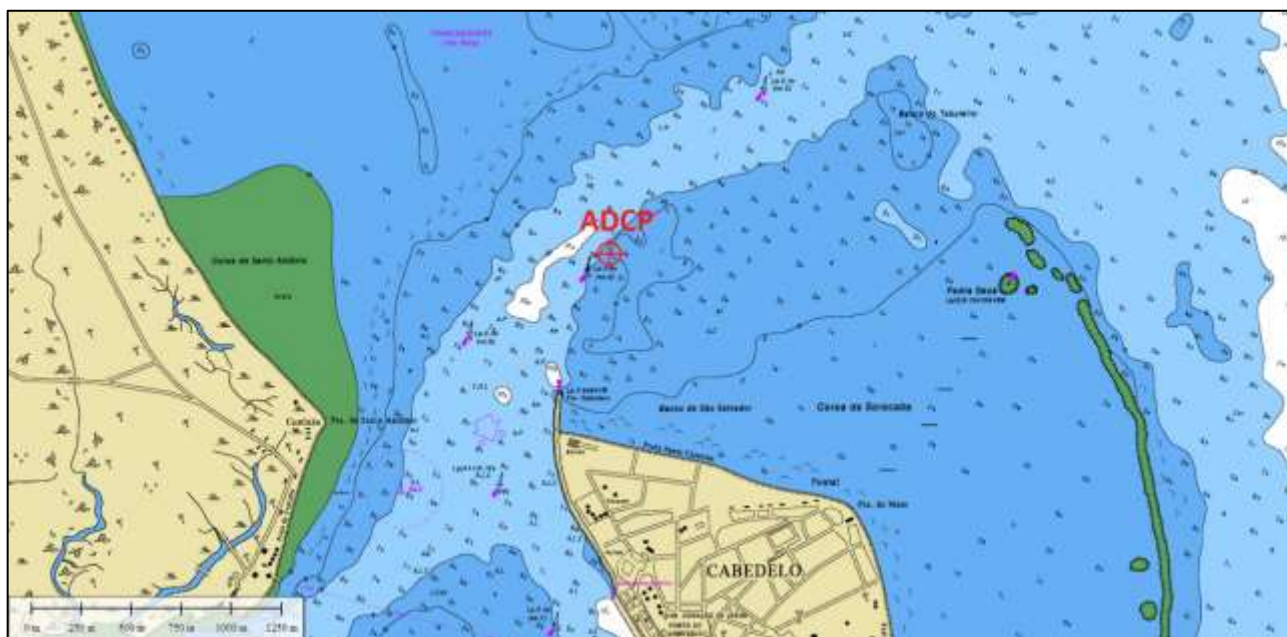


Figura 1: Localização do ponto de fundeio do ADCP nas proximidades da boia no. 8 de sinalização do canal de acesso ao Porto de Cabedelo, desembocadura do Rio Paraíba. Coordenadas geográficas: 6° 57' 20,26" S e 34° 50' 27,92" O (datum WGS 84).

Na Figura 2 é apresentada a maré total (painel superior), maré meteorológica (painel central) e maré astronômica pura (painel inferior) dos dados medidos. A maré meteorológica foi separada do registro através da utilização de um filtro passa-baixa do tipo Godin ($A_{25}^2 A_{24} / (25^2 24)$) (EMERY; THOMSON, 2001).

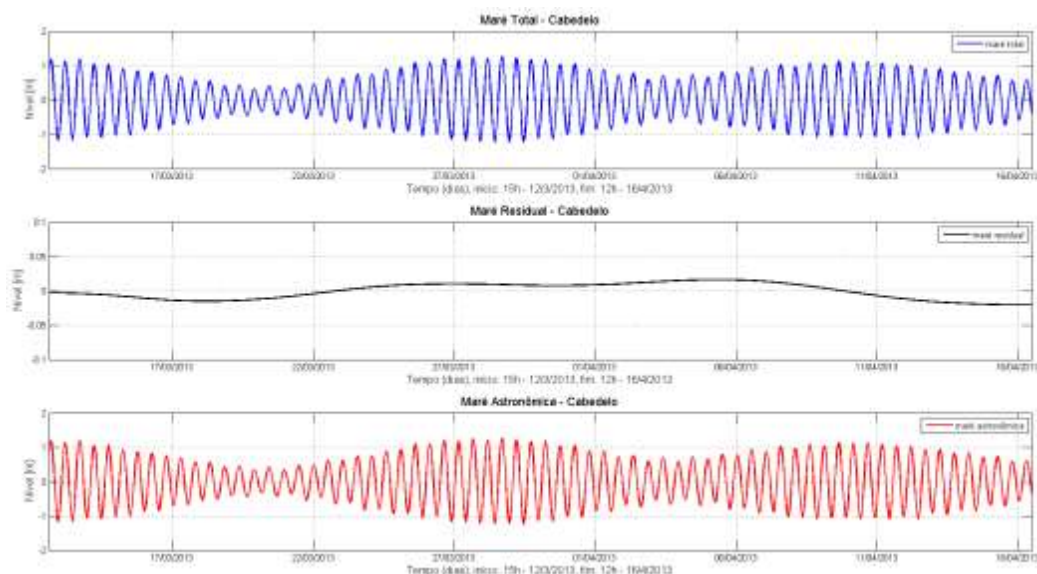


Figura 2: Maré total (painel superior), maré meteorológica (painel central) e maré astronômica (painel inferior) medida na desembocadura do Rio Paraíba, nas seguintes coordenadas geográficas: 6° 57' 20,26" S e 34° 50' 27,92" O (datum WGS 84).

Na Figura 3 é apresentado o espectro de potência da maré medida no interior do estuário do Rio Paraíba, através do qual é possível identificar a energia contida em cada banda de frequência, dada em ciclos por dia (cpd).

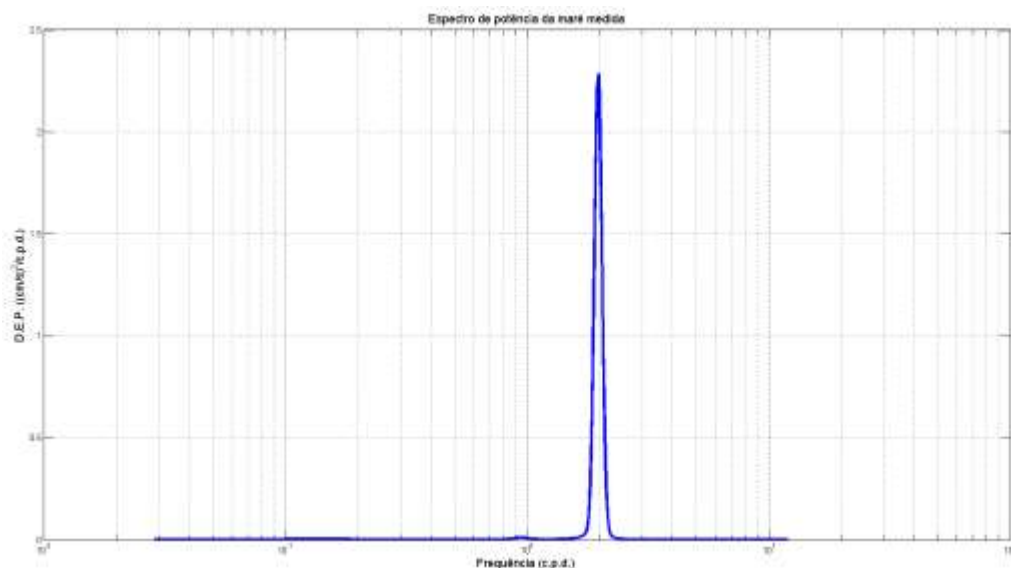


Figura 3: Espectro de potência da maré medida na desembocadura do Rio Paraíba, nas seguintes coordenadas geográficas: 6° 57' 20,26" S e 34° 50' 27,92" O (datum WGS 84).

Conforme pode ser observado na Figura 3, a maior parte da energia da maré medida na desembocadura do Rio Paraíba está contida na banda de frequência de 2 ciclos por dia



(semi-diurna), seguida, em ordem de magnitude, pelo pico de 1 cpd. A energia de frequência submareal (1 ciclo a cada 8 ou 9 dias) não aparece de forma marcante no espectro e, conforme apresentado na Figura 2 (painel central), foram provocadas por elevações inferiores a 0,02 m durante o período de medição.

Na Figura 4 são apresentadas as séries temporais das componentes u (azul) e v (vermelho) da corrente medida pelo perfilador acústico, integrada na vertical.

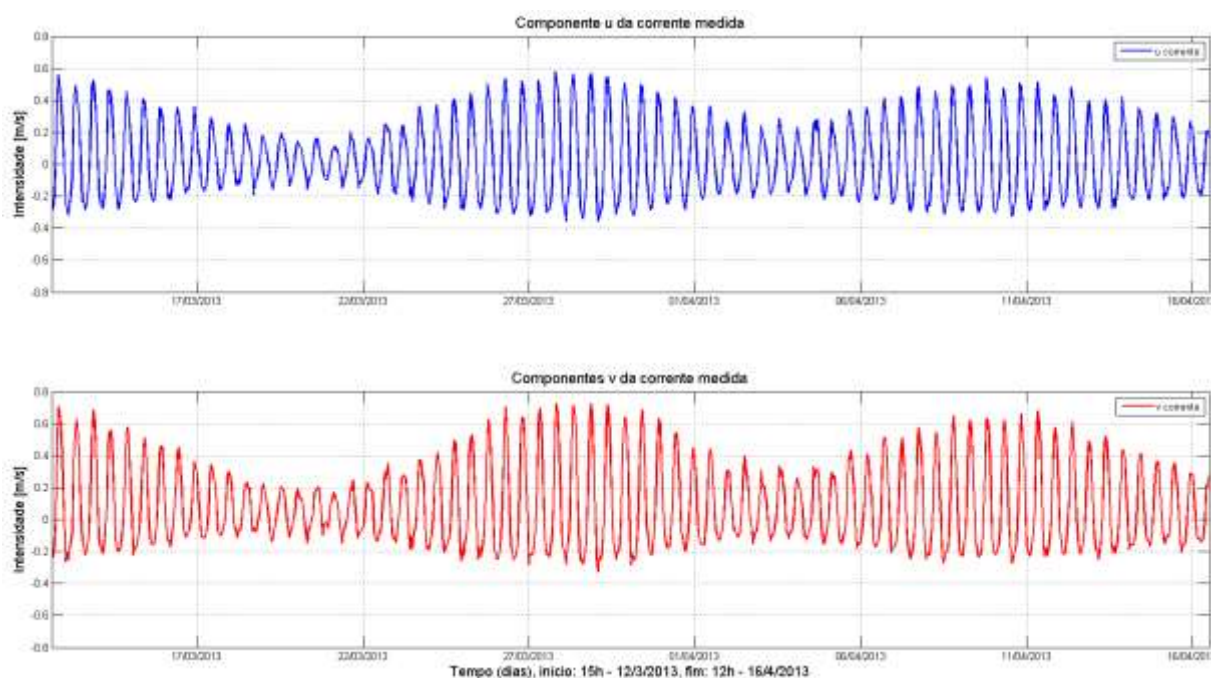


Figura 4: Componente u (azul) e v (vermelho) da corrente medida na desembocadura do Rio Paraíba, nas seguintes coordenadas geográficas: $6^{\circ} 57' 20,26''$ S e $34^{\circ} 50' 27,92''$ O (datum WGS 84) – corrente integrada na vertical.

As correntes na desembocadura do Rio Paraíba são fortemente moduladas pelas marés. Neste ponto de medição, a componente u (E-O) da corrente apresenta magnitude semelhante à componente v (N-S), evidenciando um fluxo preferencial na direção do eixo principal do canal (NE-SO), provocado pelos efeitos de maré vazante e enchente.

O escoamento bidirecional das correntes no ponto de medição pode ser observado no diagrama polar de ocorrências, apresentado na Figura 5, onde a barra de cor representa o número de observações e os círculos concêntricos a magnitude da corrente.

Neste diagrama é notável que as correntes de maré vazante possuem maior intensidade que as correntes de maré enchente. As máximas correntes de maré vazante observadas, possuem valores de aproximadamente 1 m/s.

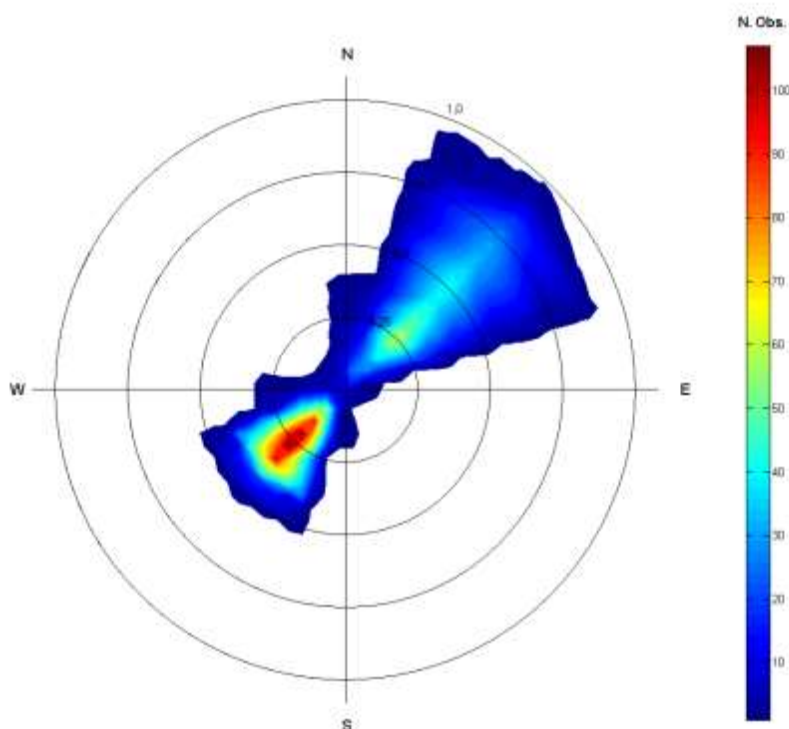


Figura 5: Diagrama polar de ocorrências dos dados de corrente medidos na desembocadura do Rio Paraíba, nas seguintes coordenadas geográficas: 6° 57' 20,26" S e 34° 50' 27,92" O (datum WGS 84) (convenção vetorial) – corrente integrada na vertical.

Na Figura 6 é apresentado o diagrama vetorial progressivo (DVP) da corrente medida. No DVP é realizada a integração do conjunto de vetores individuais de correntes (“pseudo-deslocamentos”), plotando a cauda do posterior à cabeça do anterior, para todo o período de interesse. Correntes residuais ou médias vetoriais de longo prazo são facilmente visíveis no DVP. Na Figura 6, a cruz representa a origem e os pontos em vermelho indicam o final de 24 horas de integração.

O DVP elaborado para os dados coletados indicam que as correntes residuais são orientadas para fora do estuário, evidenciando o fluxo de vazante mais intenso que o de enchente.

Na Figura 7 é apresentado o espectro de potência da corrente medida.

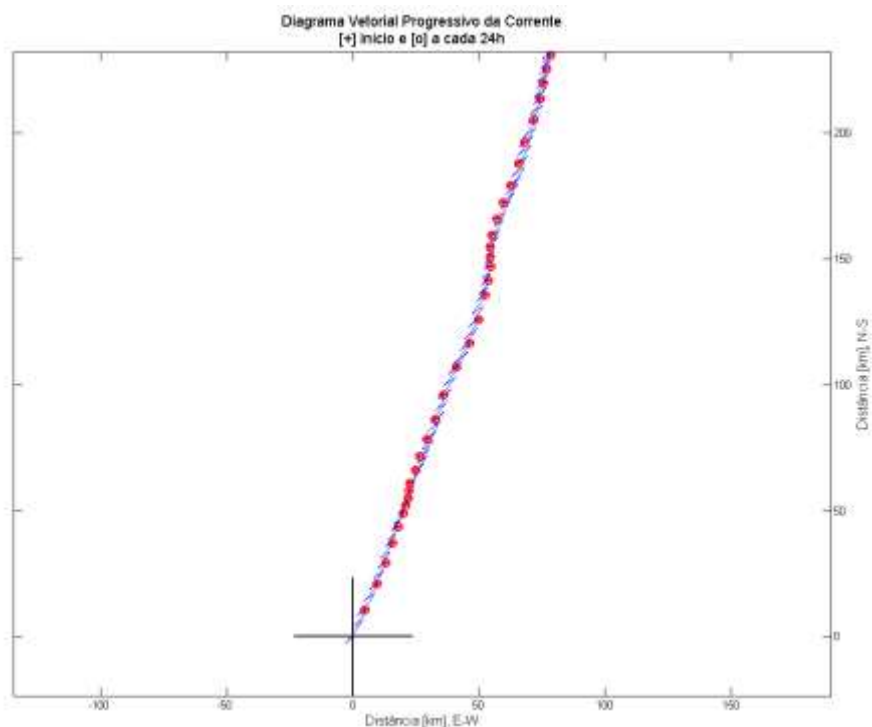


Figura 6: Diagrama vetorial progressivo da corrente medida na desembocadura do Rio Paraíba, nas seguintes coordenadas geográficas: 6° 57' 20,26" S e 34° 50' 27,92" O (datum WGS 84) – corrente integrada na vertical.

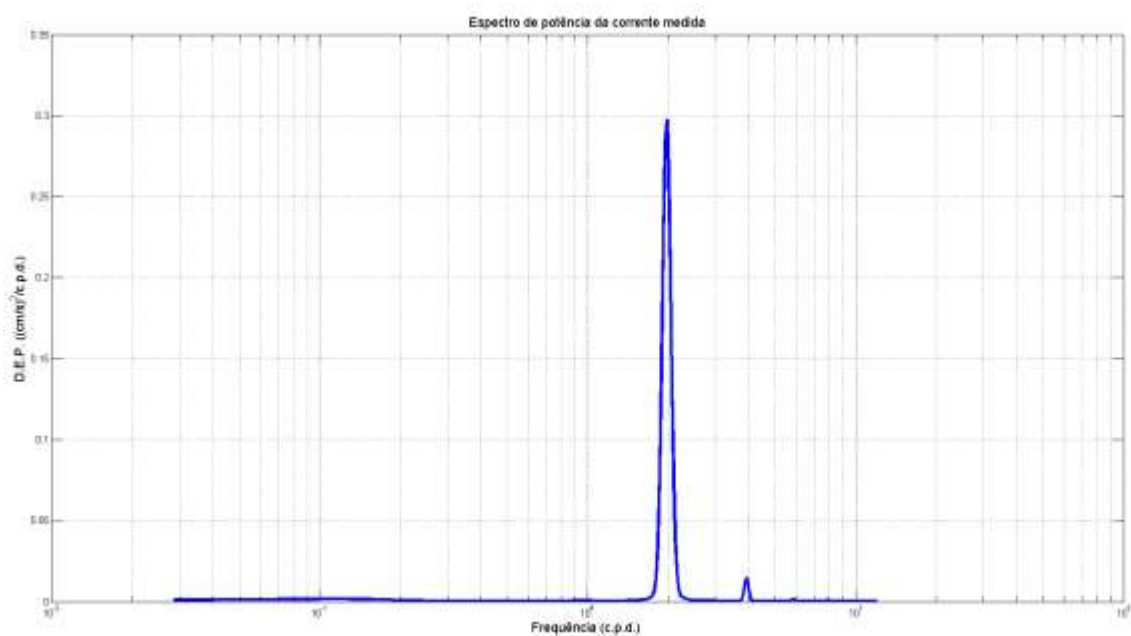


Figura 7: Espectro de potência da corrente medida na desembocadura do Rio Paraíba, nas seguintes coordenadas geográficas: 6° 57' 20,26" S e 34° 50' 27,92" O (datum WGS 84) – corrente integrada na vertical.



Conforme pode ser observado, a maior parte da energia das correntes na desembocadura do sistema está contida na banda de frequência de 2 ciclos por dia (semi-diurna), seguida, em ordem de magnitude, pelo picos de 3 e 4 cpd. A energia de frequência submareal não aparece de forma marcante no espectro de correntes.

2.2 DADOS DE VENTO

Os dados de vento analisados foram obtidos do programa de reanálise Climate Forecast System Reanalysis (CFSR) do NCEP (National Center Environment Prediction/NOAA). O programa utiliza um sistema de métodos e ferramentas considerados estado-da-arte em análise e previsão, incorporando procedimentos de assimilação de dados para o período compreendido entre 1º de janeiro de 1970 e 31 de dezembro de 2010. As informações de vento são fornecidas a 10 m de altitude, com resolução temporal de 6 h (<http://rda.ucar.edu/pub/cfsr.html>).

Na Figura 8 Figura 8 é apresentada a rosa dos ventos elaborada a partir dos dados extraídos num ponto localizado nas seguintes coordenadas geográficas: 6,95° S e 34,84° O (datum WGS 84).

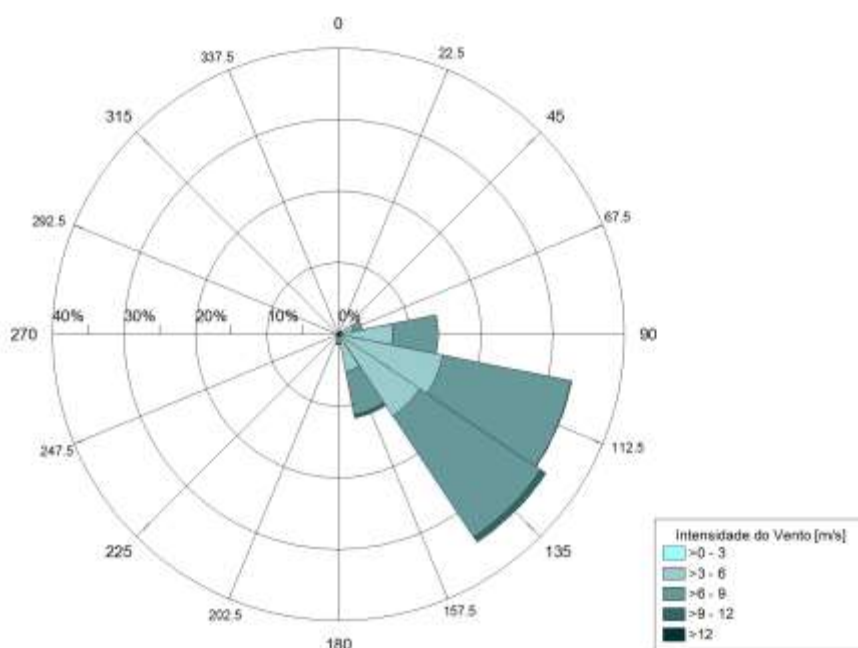


Figura 8: Rosa dos ventos elaborada a partir dos dados de reanálise do programa CFSR-NCEP para o período compreendido entre 1º de janeiro de 1970 e 31 de dezembro de 2010 (convenção meteorológica).

Os ventos predominantes, para essa região, são provenientes de SE, ESE e E. Os ventos de maior intensidade são provenientes de SE e SSE.



2.3 DADOS DE VAZÃO

Dados de descarga fluvial do Rio Paraíba foram obtidos da Agência Nacional de Águas (ANA), para a estação linimétrica de Ponte da Batalha, localizada nas seguintes coordenadas geográficas: 07° 07' 48" S e 35° 02' 51" O.

Para caracterização do regime hidrológico do rio, foram analisados os dados disponíveis para o período compreendido entre janeiro de 1970 e dezembro de 1997 (27 anos).

Na Figura é apresentada a série temporal da descarga fluvial média mensal entre 1970 e 1997 (painel superior esquerdo), médias das descargas médias mensais com intervalos superior e inferior do desvio padrão (painel superior direito), máxima vazão diária observada, por mês (painel inferior esquerdo) e mínima vazão diária observada, por mês (painel inferior direito).

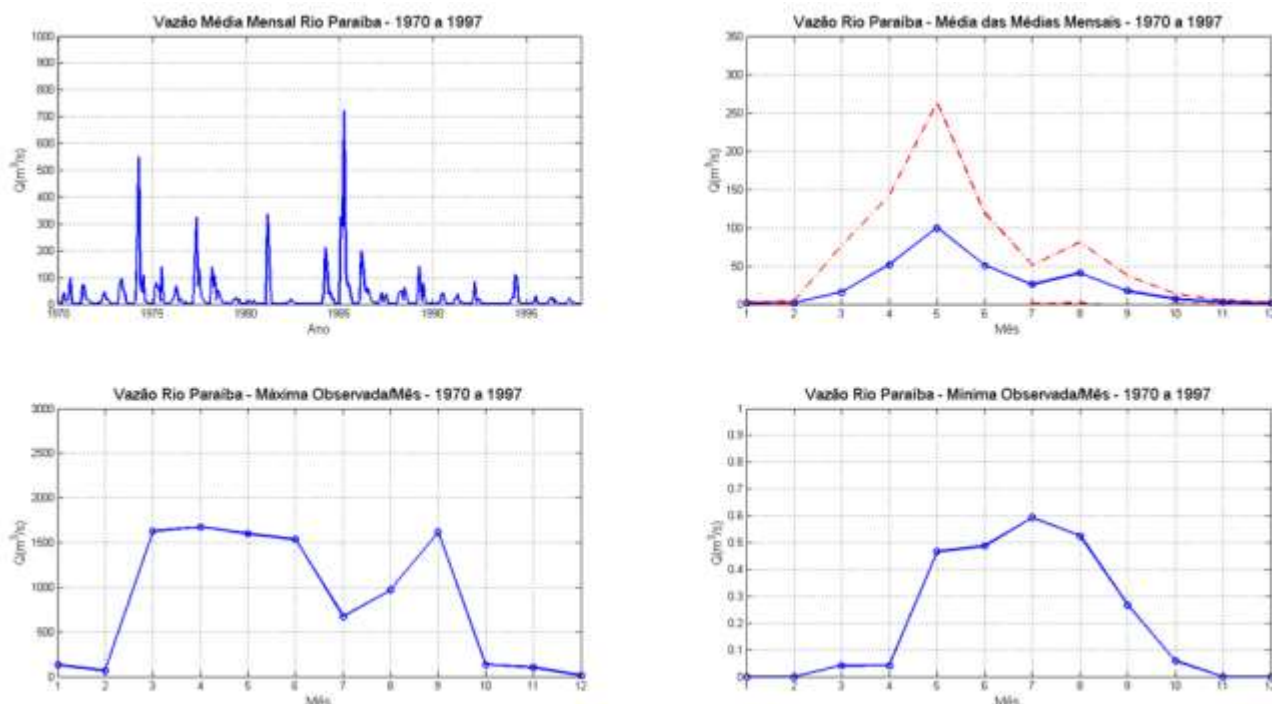


Figura 9: Série temporal da descarga fluvial média mensal entre 1970 e 1997 (painel superior esquerdo), médias das descargas médias mensais e intervalo superior e inferior do desvio padrão (painel superior direito), máxima vazão diária observada, por mês (painel inferior esquerdo) e mínima vazão diária observada, por mês (painel inferior direito).

As mais altas vazões médias ocorrem nos meses de abril, maio e junho. As mais baixas vazões médias ocorrem nos meses de dezembro e janeiro.



3. MODELAGEM HIDRODINÂMICA

Para a análise dos impactos gerados pela ampliação do molhe do Porto de Cabedelo no padrão de circulação, foi utilizado o módulo *FLOW* do pacote de modelos *DELFT3D*, desenvolvido pela *Deltares* em cooperação com a *Delft University of Technology*, na Holanda.

3.1. DESCRIÇÃO DO MODELO DELFT3D-FLOW

O modelo DELFT3D-FLOW é um programa de simulação multidimensional (2D e 3D) dos processos hidrodinâmicos (e de transporte), que calcula o fluxo não-estacionário e os fenômenos de transporte resultantes de forçantes oceânicas, meteorológicas ou fluviais, em grades retilíneas ou curvilineares, ajustadas ao contorno.

A equação vertical de momento é reduzida à relação de pressão hidrostática e as acelerações verticais são assumidas como sendo pequenas em relação à aceleração da gravidade. Isso faz com que o DELFT3D-FLOW seja adequado para a predição de fluxos em mares rasos, áreas costeiras, estuários, lagos, rios e lagoas.

A equação de momento nas direções x e y são dadas por:

$$\frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} + g \frac{\partial \eta}{\partial x} - f v + \frac{\tau_{bx}}{\rho_w(d + \eta)} - \frac{F_x}{\rho_w(d + \eta)} - v \left(\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} \right) = 0$$

$$\frac{\partial v}{\partial t} + u \frac{\partial v}{\partial x} + v \frac{\partial v}{\partial y} + g \frac{\partial \eta}{\partial y} - f u + \frac{\tau_{by}}{\rho_w(d + \eta)} - \frac{F_y}{\rho_w(d + \eta)} - u \left(\frac{\partial^2 v}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 v}{\partial y^2} \right) = 0$$

Onde:

d = profundidade

f = força de Coriolis

$F_{x,y}$ = componentes x e y de forças externas

u, v = velocidades integradas na vertical (m/s)

ρ_w = densidade da água

ν = de viscosidade turbulenta (m^2/s)

η = variação do nível d'água acima do plano de referência (m)

g = aceleração da gravidade (m/s)

$\tau_{b\ x,y}$ = componentes de rugosidade do fundo

A equação da continuidade integrada na vertical é dada por:

$$\frac{\partial \eta}{\partial t} + \frac{\partial (d + \eta)u}{\partial x} + \frac{\partial (d + \eta)v}{\partial y} = 0$$

No DELFT3D-FLOW, o conjunto de equações diferenciais parciais, em combinação com um conjunto apropriado de condições iniciais e de fronteira para níveis d'água e velocidades horizontais, é resolvido através do método de diferenças finitas.

O modelo possui um longo histórico de bem sucedidas aplicações em ambientes estuarinos ao redor do mundo e foi extensivamente validado através de experimentos de campo e laboratório.

3.2. BATIMETRIA

Os dados de profundidade foram obtidos a partir da digitalização das cartas náuticas da DHN1 disponíveis para a região. Para a área interna do Estuário do Rio Paraíba e plataforma continental adjacente foram utilizadas as cartas número 22100, 830 e 806 (Figura 10, Figura 11 e Figura 12), adequadas e suficientes para a representação do relevo do fundo e incorporação no domínio computacional do modelo hidrodinâmico.

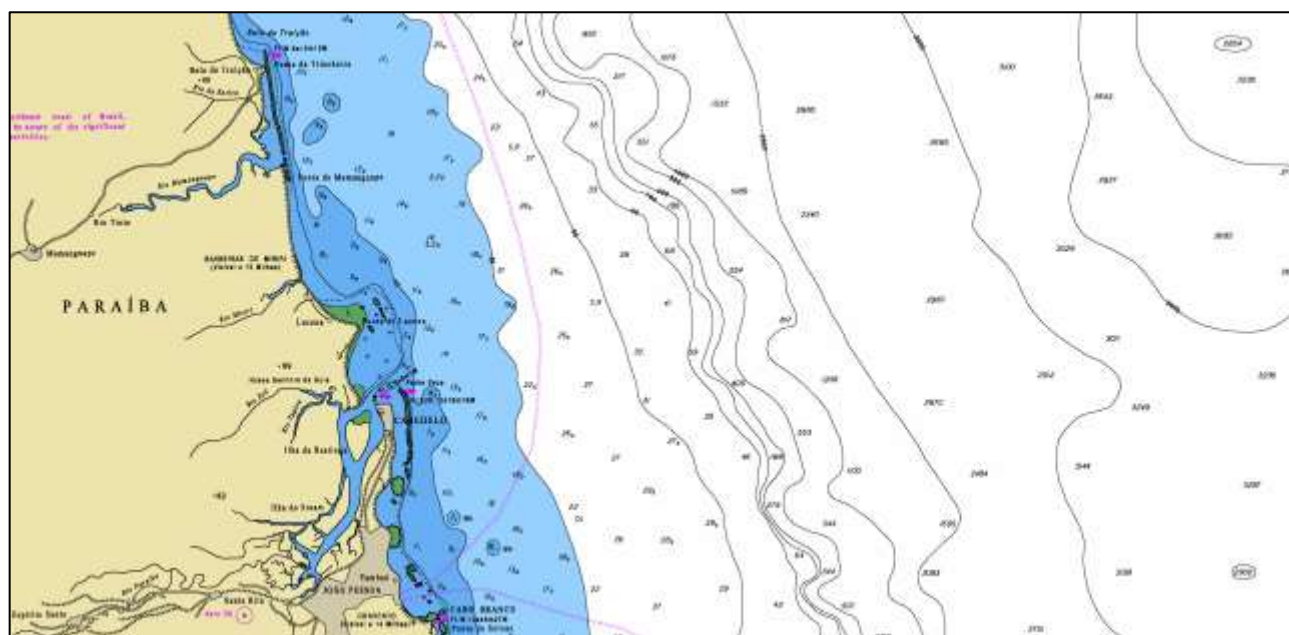


Figura 10: Carta náutica n° 22100 da DHN utilizada para obtenção de dados batimétricos em águas profundas.

¹ Diretoria de Hidrografia e Navegação



Figura 11: Carta náutica nº 806 da DHN, com detalhe na plataforma interna adjacente a Cabedelo.

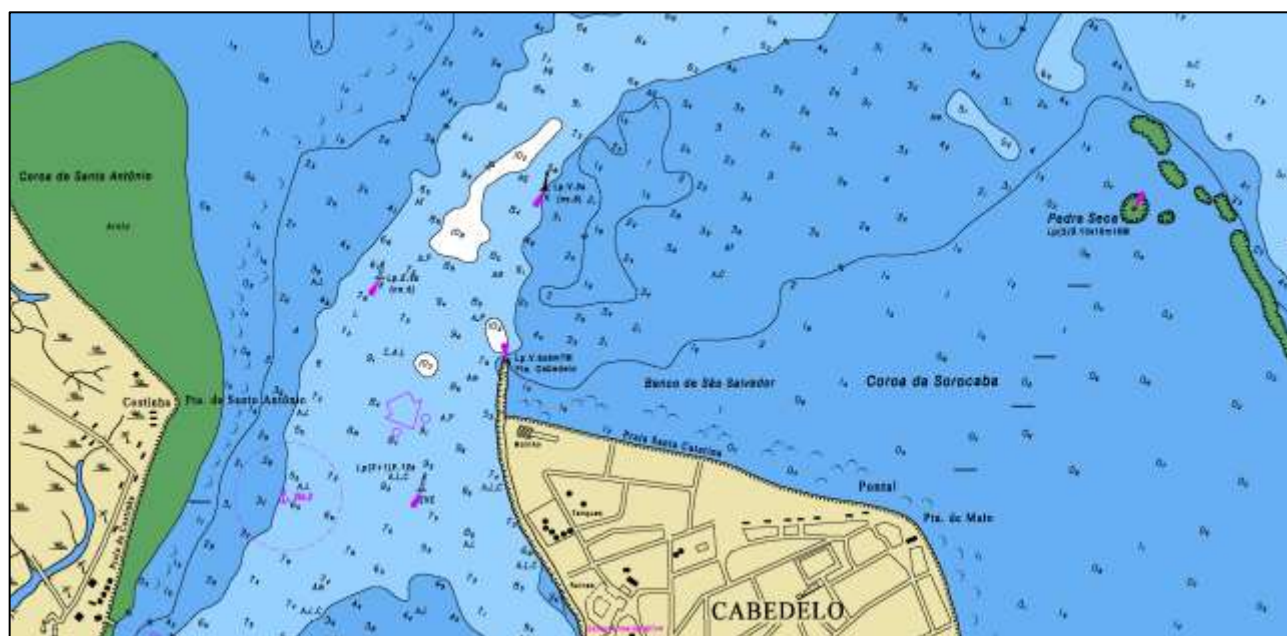


Figura 12: Detalhe da carta náutica nº 830 da DHN, nas proximidades do molhe de fixação da desembocadura do Rio Paraíba.

Os dados de batimetria digitalizados foram interpolados (Figura 13) para posterior projeção na grade numérica do modelo hidrodinâmico.

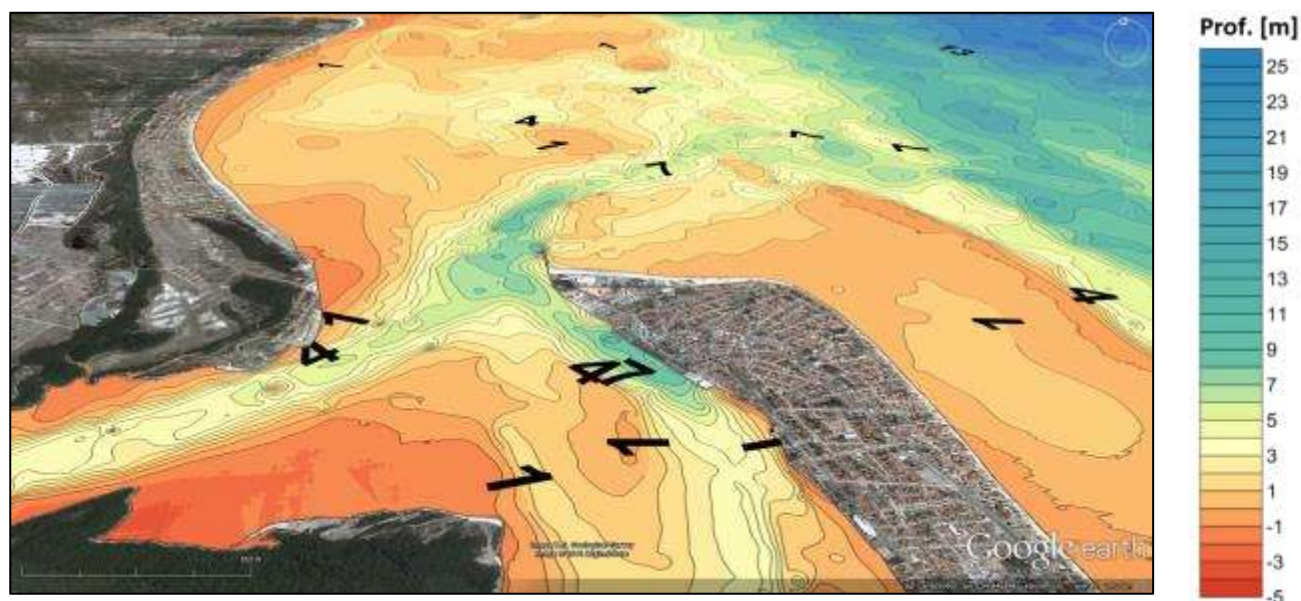


Figura 13: Batimetria interpolada, com detalhe na desembocadura do Rio Paraíba e Porto de Cabedelo.

3.3. DISCRETIZAÇÃO DO DOMÍNIO DE CÁLCULO

A resolução espacial das malhas foi um compromisso entre os objetivos do projeto (caracterização dos padrões de circulação local), os recursos computacionais disponíveis e o tempo de processamento necessário. Na Tabela 1 são apresentadas as características gerais da malha de cálculo e na Figura 14 e Figura 15 a disposição da mesma, projetada sobre imagem de satélite da região.

GRADE	ELEMENTOS	RESOLUÇÃO (m)
Modelo Hidrodinâmico	X: 656	X: 25 a 95
	Y: 287	Y: 15 a 100

Tabela 1 - Características das malhas de propagação de ondas.



EICOMNOR ENGENHARIA



Figura 14: Grade numérica do modelo hidrodinâmico.



Figura 15: Detalhe da grade numérica do modelo hidrodinâmico na área de maior interesse desembocadura do Rio Paraíba e proximidades do molhe de fixação da desembocadura.



3.4. CONDIÇÕES DE CONTORNO, DADOS DE ENTRADA E CALIBRAÇÃO DO MODELO HIDRODINÂMICO

Para reproduzir as características dinâmicas da área de estudo foram consideradas como principais forçantes a maré, o vento e a descarga fluvial do Rio Paraíba. No contorno aberto da grade numérica, correspondente à região oceânica, foram utilizadas como condição de contorno, as constantes harmônicas fornecidas pela FEMAR (estação maregráfica de Cabedelo - Porto) (Tabela 2). Nas bordas oceânicas norte e sul da foram utilizadas condição de contorno do tipo *Neumann*.

A descarga fluvial do Rio Paraíba foi especificada nas células correspondentes da grade numérica. A esquematização das condições de contorno utilizadas nos modelos pode ser vista na Figura 16.



Figura 16: Esquematização das condições de contorno na grade numérica do modelo hidrodinâmico implementado na região de Cabedelo.



Componente	Amplitude (cm)	Fase (°)
Sa	8,5	091
Ssa	4,3	039
Mf	1,9	344
Q1	1,2	126
O1	5,1	161
P1	1,5	230
K1	4,8	232
2N2	2,7	101
MU2	2,4	121
N2	16,8	113
NU2	3,5	110
M2	80,5	123
L2	2,6	119
T2	1,6	125
S2	28,3	142
K2	7,9	134
MO3	0,3	156
M3	0,6	147
MK3	0,2	319
M4	0,8	334
MS4	1,2	021

Tabela 2: Constantes harmônicas de maré para a estação maregráfica de Cabedelo (Porto).

Para o processo de calibração do modelo, este foi executado para o período das medições de corrente e maré (de 20/03/2013 a 12/04/2013).

O modelo foi inicializado “a frio” (*cold start*), com valores de velocidade e nível iguais a zero. O tempo de estabilização foi de 48h.

O resultado satisfatório foi obtido com a utilização dos seguintes valores para os coeficientes de rugosidade do fundo e de viscosidade horizontal:

- Coeficiente de Chèzy: $55\text{m}^{0,5}/\text{s}$;
- Coeficiente de viscosidade turbulenta horizontal: $1\text{ m}^2/\text{s}$.

A comparação entre os dados medidos e os resultados do modelo foi realizada a partir do cálculo do erro médio quadrático:

$$RMS = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (P_i - O_i)^2}$$

Onde: P = previsão e O_i = observação.

Na Figura 17 são apresentadas as séries temporais da maré medida (azul) e calculada pelo modelo (vermelho). Na Figura são apresentadas as séries temporais da componente u (painel superior) e componente v (painel inferior) das correntes, dos dados medidos (azul) e calculados pelo modelo (vermelho).

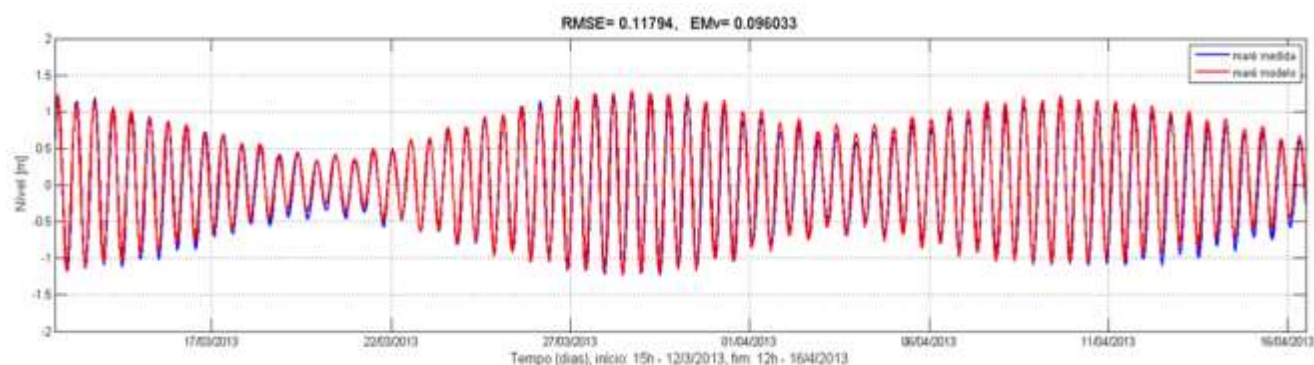


Figura 17: Série temporal de maré medida (azul) e calculada pelo modelo (vermelho).

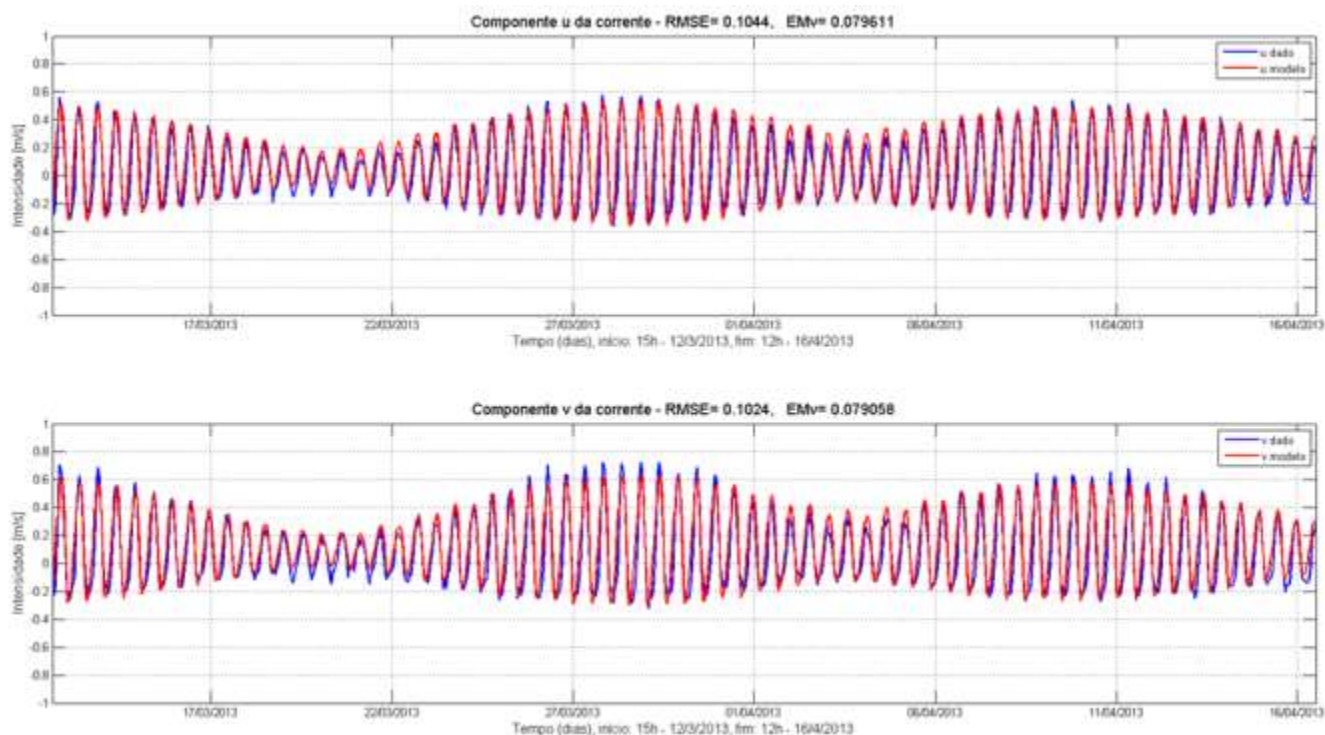


Figura 18: Séries temporais da componente u (painel superior) e componente v (painel inferior) dos dados medidos (azul) e calculados pelo modelo (vermelho).

Conforme observado, o erro médio quadrático obtido entre o modelo e os dados medidos em campo foi de aproximadamente 11 % para a maré, e 10 para as componentes u e v da corrente.



Na Figura 19 e Figura 20 é apresentado, como exemplo, o campo vetorial de correntes para um instante de maré vazante e enchente, respectivamente, nas proximidades do Porto de Cabedelo e desembocadura do Rio Paraíba.



Figura 19: Campo vetorial de correntes para um instante de maré vazante.



Figura 20: Campo vetorial de correntes para um instante de maré enchente.



4. EFEITOS DO PROLONGAMENTO DO MOLHE NOS PADRÕES DE CIRCULAÇÃO

Neste capítulo são apresentados os resultados das simulações, do pós-processamento dos dados de saída do modelo e da análise espacial realizada para identificar e quantificar os efeitos do prolongamento do molhe no padrão de circulação local.

Para cada cenário de condição ambiental selecionado, o modelo foi executado para a situação atual (sem as intervenções propostas - Figura 21) e situação futura (com as intervenções propostas - Figura 22).

As simulações para análise de impacto foram executadas para o mesmo período das medições de maré e correntes (de 20/03/2013 a 12/04/2013), considerando diferentes cenários de condições ambientais:

- a) Circulação induzida pela ação combinada das marés astronômicas e do vento, com descarga fluvial média para o mês de abril ($51,92 \text{ m}^3/\text{s}$);
- b) Circulação induzida pela ação das marés astronômicas, sem vento e com descarga fluvial média para o mês de abril ($51,92 \text{ m}^3/\text{s}$);
- c) Circulação induzida pela ação combinada das marés astronômicas, vento e descarga fluvial extrema para o mês de abril ($1677 \text{ m}^3/\text{s}$).

Uma rotina de pós-processamento dos dados de saída do modelo foi desenvolvida para calcular a diferença entre o cenário atual e cenário futuro, fornecendo mapas com contornos de aumento e diminuição na intensidade das correntes.

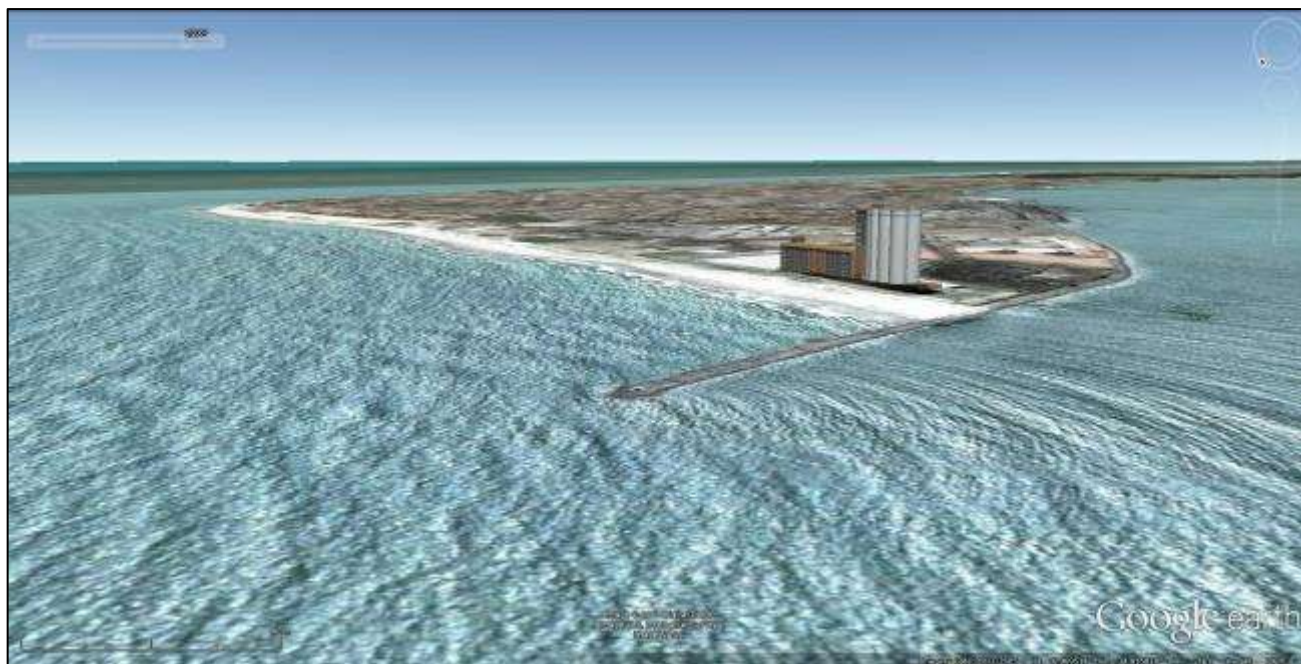


Figura 21: Cenário atual utilizado nas simulações.

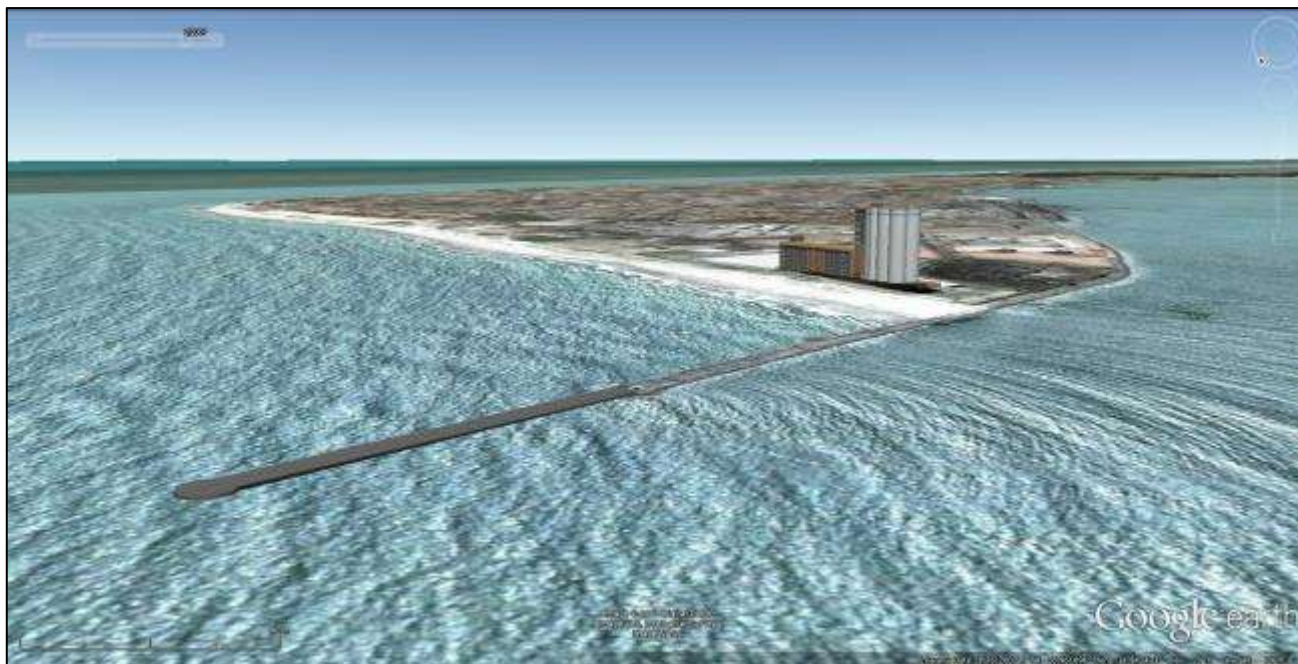


Figura 22: Cenário futuro utilizado nas simulações – prolongamento do molhe em 150 m.

Da Figura 23 até a Figura 30 são apresentados os contornos variação na intensidade e direção das correntes geradas pelo prolongamento do molhe em 150 m, apresentados de hora em hora durante um ciclo completo de maré de quadratura, considerando a circulação induzida pela ação combinada das marés astronômicas e do vento, com descarga fluvial média.

Da Figura 31 até a Figura 48 são apresentados os contornos variação na intensidade e direção das correntes geradas pelo prolongamento do molhe em 150 m, apresentados de hora em hora durante um ciclo completo de maré de sizígia, considerando a circulação induzida pela ação combinada das marés astronômicas e do vento, com descarga fluvial média.

Da Figura 49 até a Figura 61 são apresentados os contornos variação na intensidade e direção das correntes geradas pelo prolongamento do molhe em 150 m, apresentados de hora em hora durante um ciclo completo de maré de quadratura, considerando a circulação induzida pela ação das marés astronômicas, sem vento e com valores de descarga fluvial média.

Da Figura 62 até a Figura 74 são apresentados os contornos variação na intensidade e direção das correntes geradas pelo prolongamento do molhe em 150 m, apresentados de hora em hora durante um ciclo completo de maré de sizígia, considerando a circulação



induzida pela ação das marés astronômicas, sem vento e com valores de descarga fluvial média.

Da Figura 75 até a Figura 87 são apresentados os contornos variação na intensidade e direção das correntes geradas pelo prolongamento do molhe em 150 m, apresentados de hora em hora durante um ciclo completo de maré de quadratura, considerando a circulação induzida pela ação combinada das marés astronômicas, vento e alta descarga fluvial.

Da Figura 88 até Figura 100 são apresentados os contornos variação na intensidade e direção das correntes geradas pelo prolongamento do molhe em 150 m, apresentados de hora em hora durante um ciclo completo de maré de sizígia, considerando a circulação induzida pela ação combinada das marés astronômicas, vento e alta descarga fluvial.

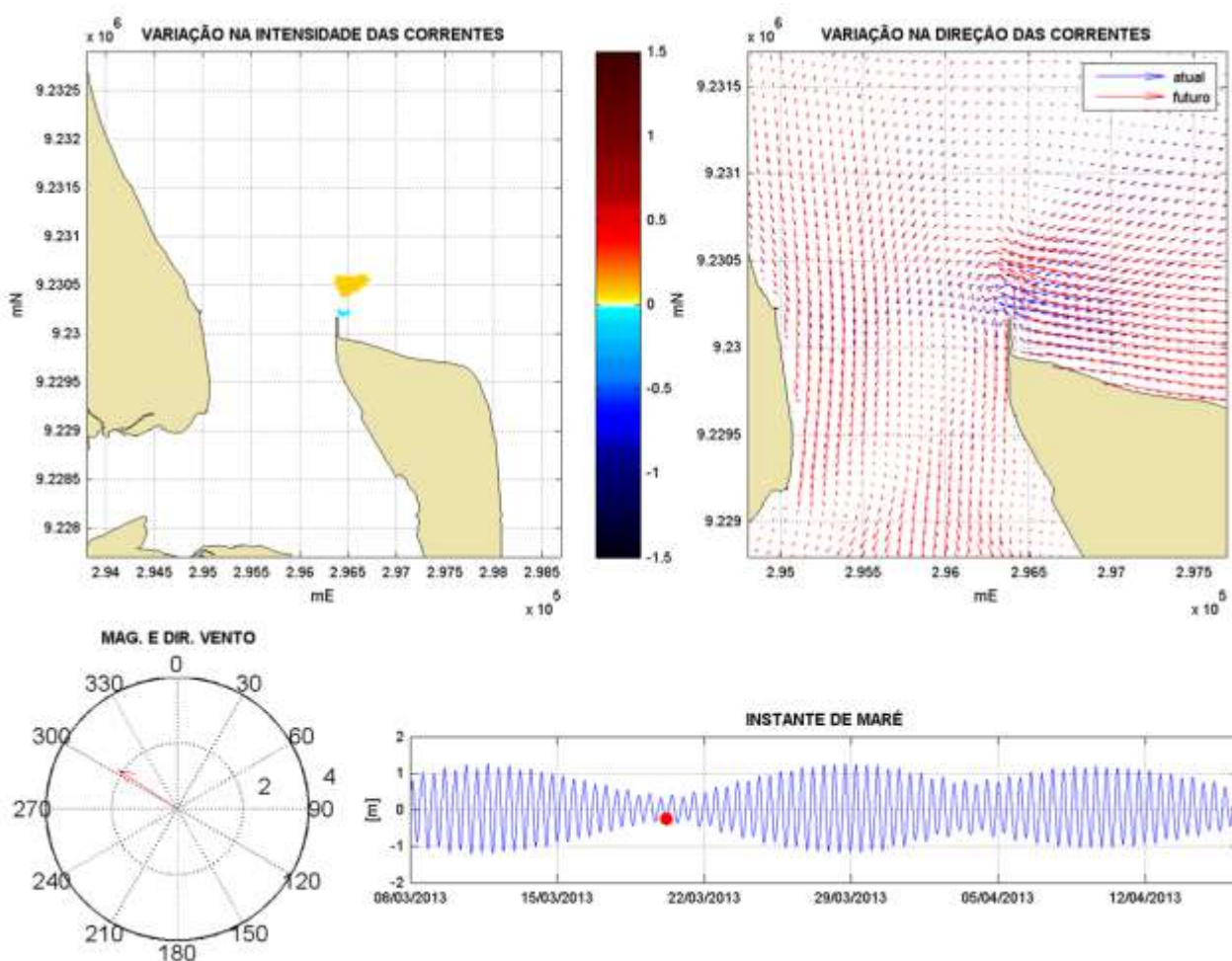


Figura 23: Variação na intensidade (painel superior esquerdo) e direção (painel direito) das correntes geradas pelo prolongamento do molhe em 150 m. Circulação induzida pela ação das marés astronômicas, com descarga fluvial média – maré de quadratura, passo de tempo

1.

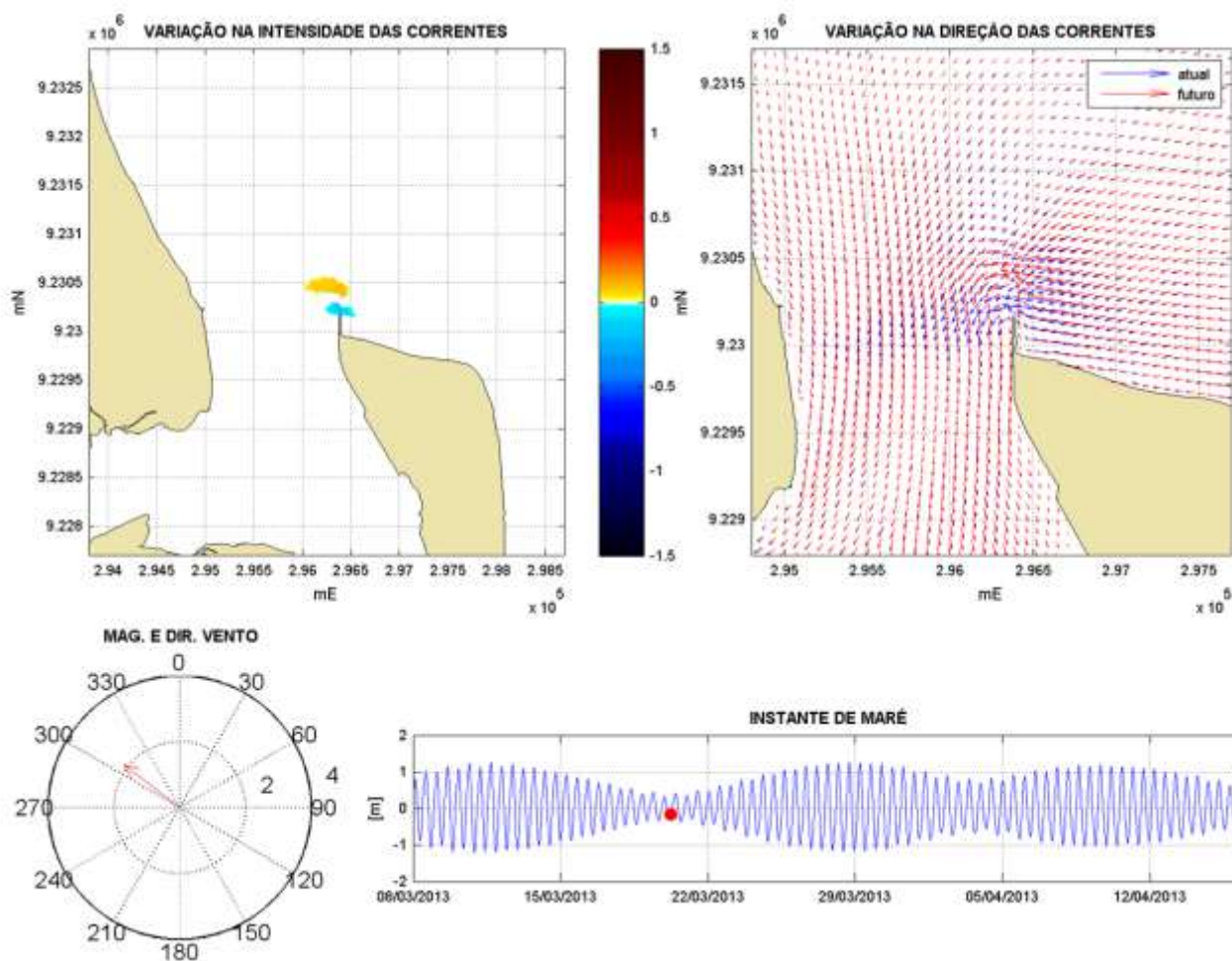


Figura 24: Variação na intensidade (painel superior esquerdo) e direção (painel direito) das correntes geradas pelo prolongamento do molhe em 150 m. Circulação induzida pela ação das marés astronômicas, com descarga fluvial média – maré de quadratura, passo de tempo 2.

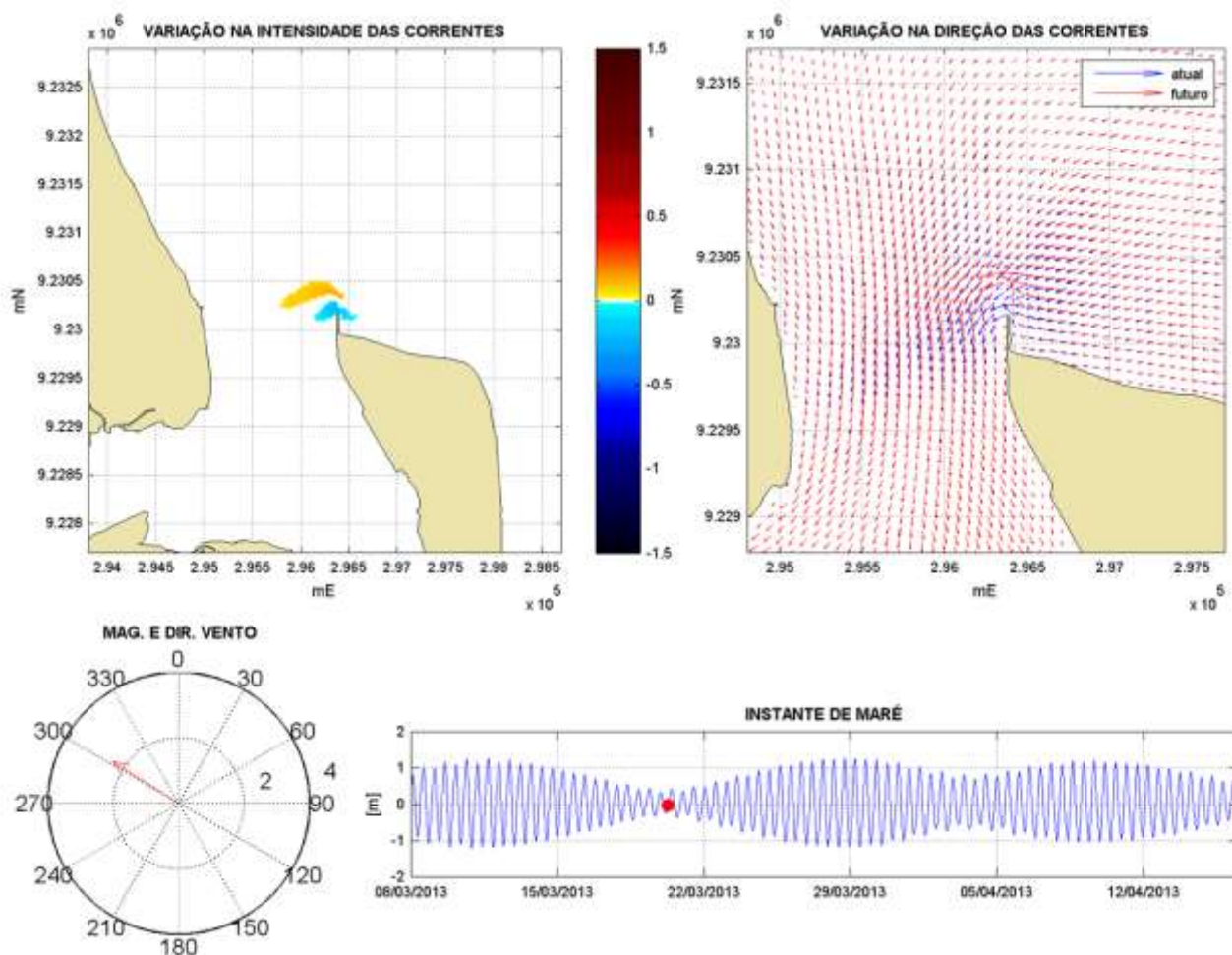


Figura 25: Variação na intensidade (painel superior esquerdo) e direção (painel direito) das correntes geradas pelo prolongamento do molhe em 150 m. Circulação induzida pela ação das marés astronômicas, com descarga fluvial média – maré de quadratura, passo de tempo 3.

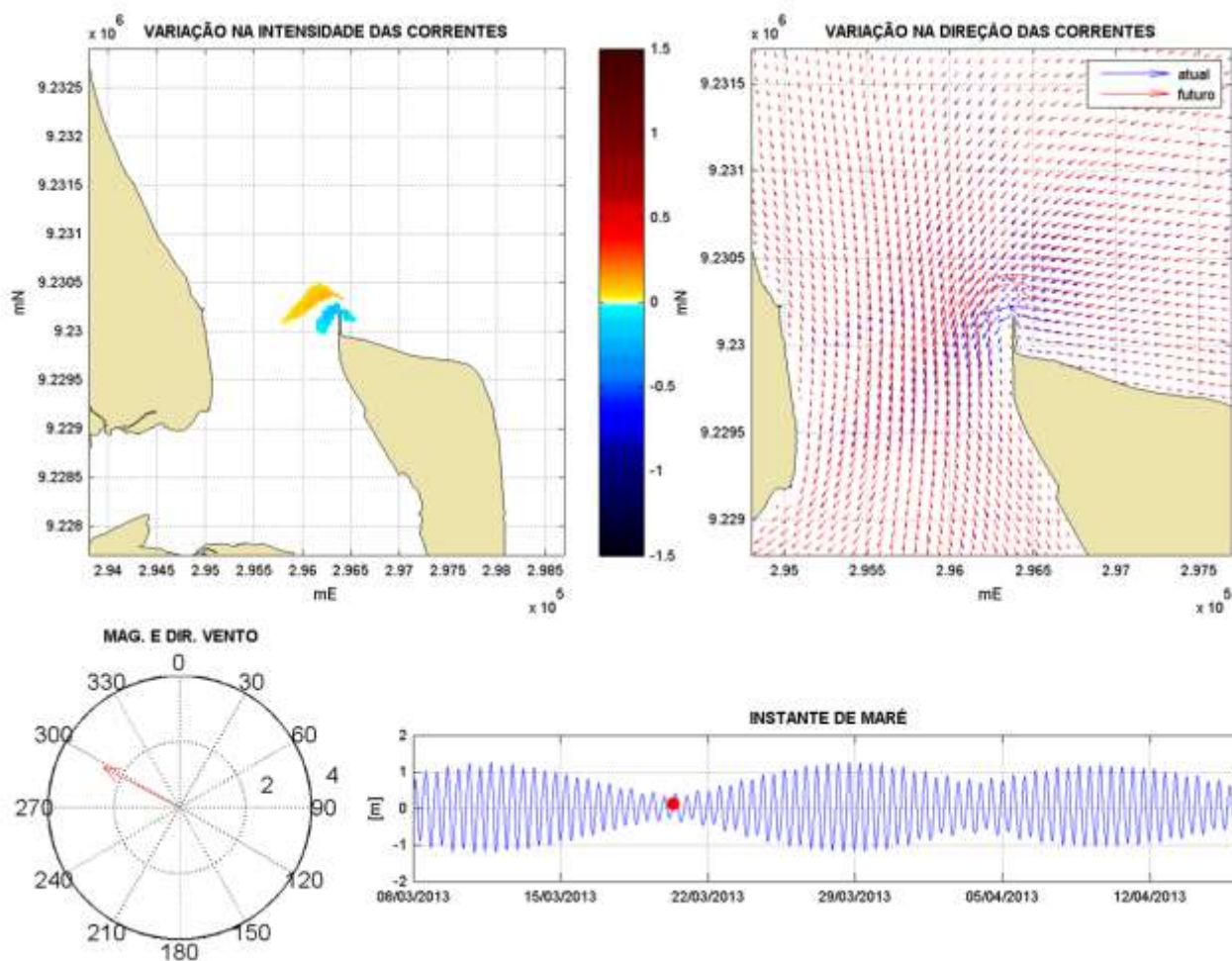


Figura 26: Variação na intensidade (painel superior esquerdo) e direção (painel direito) das correntes geradas pelo prolongamento do molhe em 150 m. Circulação induzida pela ação das marés astronômicas, com descarga fluvial média – maré de quadratura, passo de tempo 4.

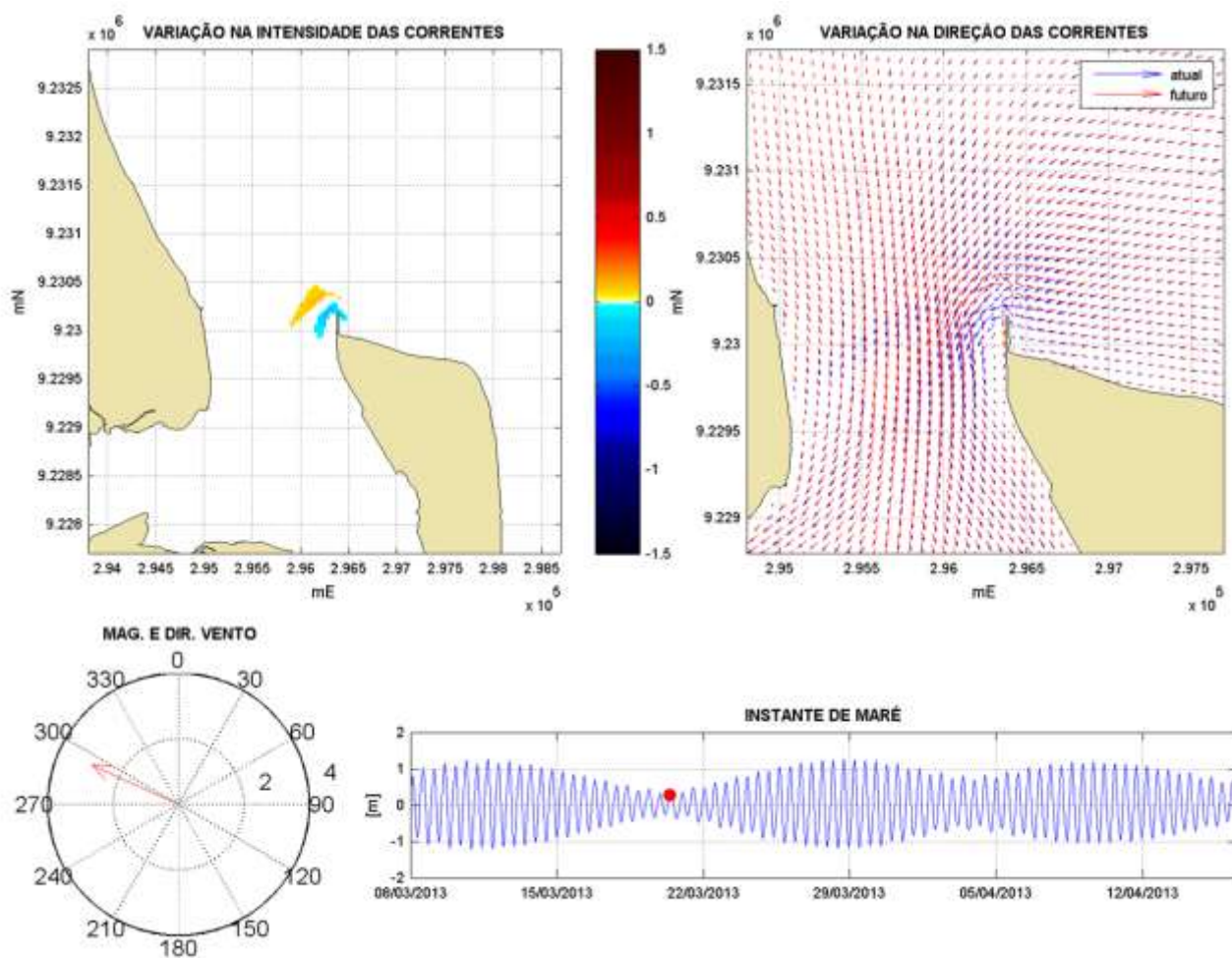


Figura 27: Variação na intensidade (painel superior esquerdo) e direção (painel direito) das correntes geradas pelo prolongamento do molhe em 150 m. Circulação induzida pela ação das marés astronômicas, com descarga fluvial média – maré de quadratura, passo de tempo

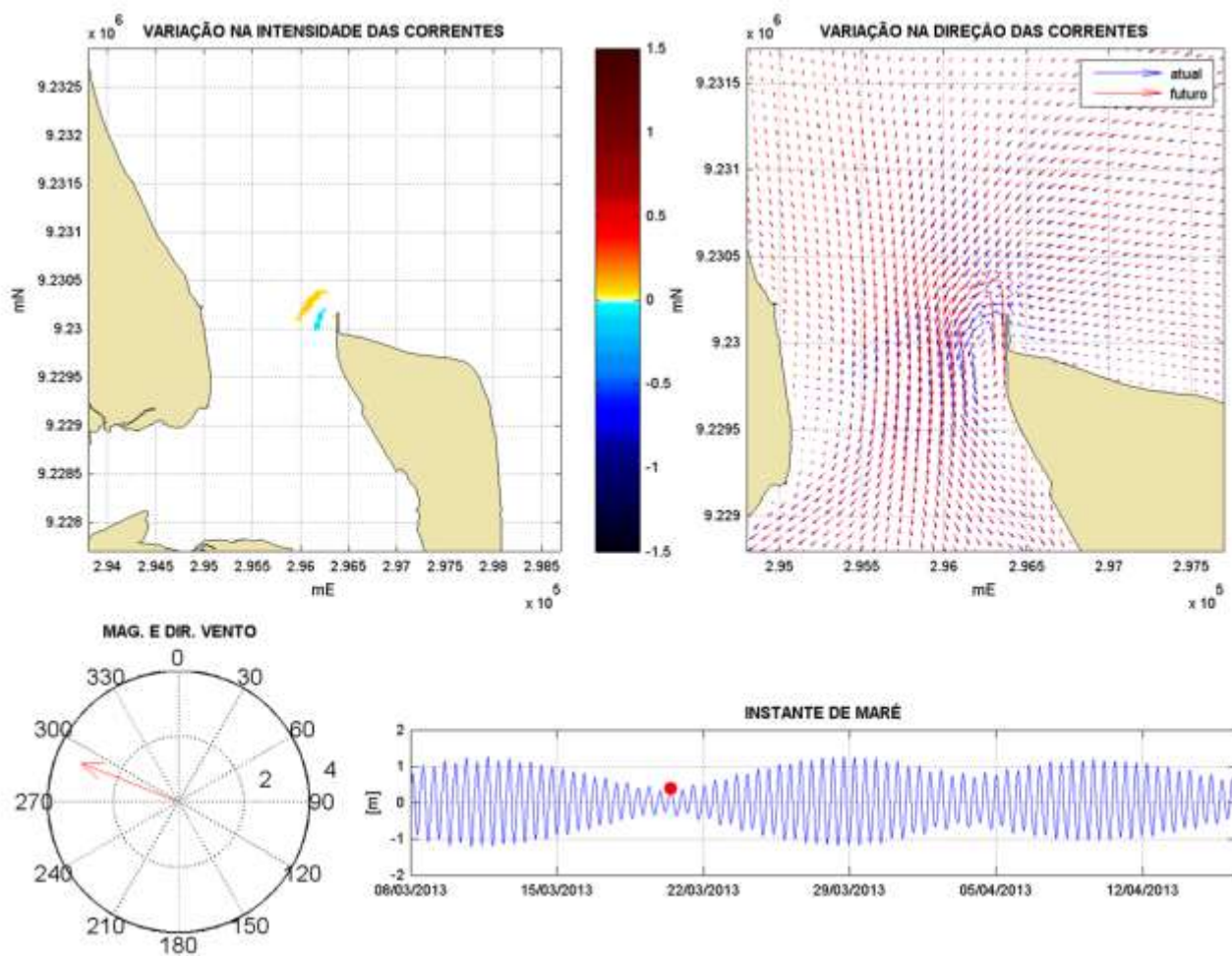


Figura 28: Variação na intensidade (painel superior esquerdo) e direção (painel direito) das correntes geradas pelo prolongamento do molhe em 150 m. Circulação induzida pela ação das marés astronômicas, com descarga fluvial média – maré de quadratura, passo de tempo

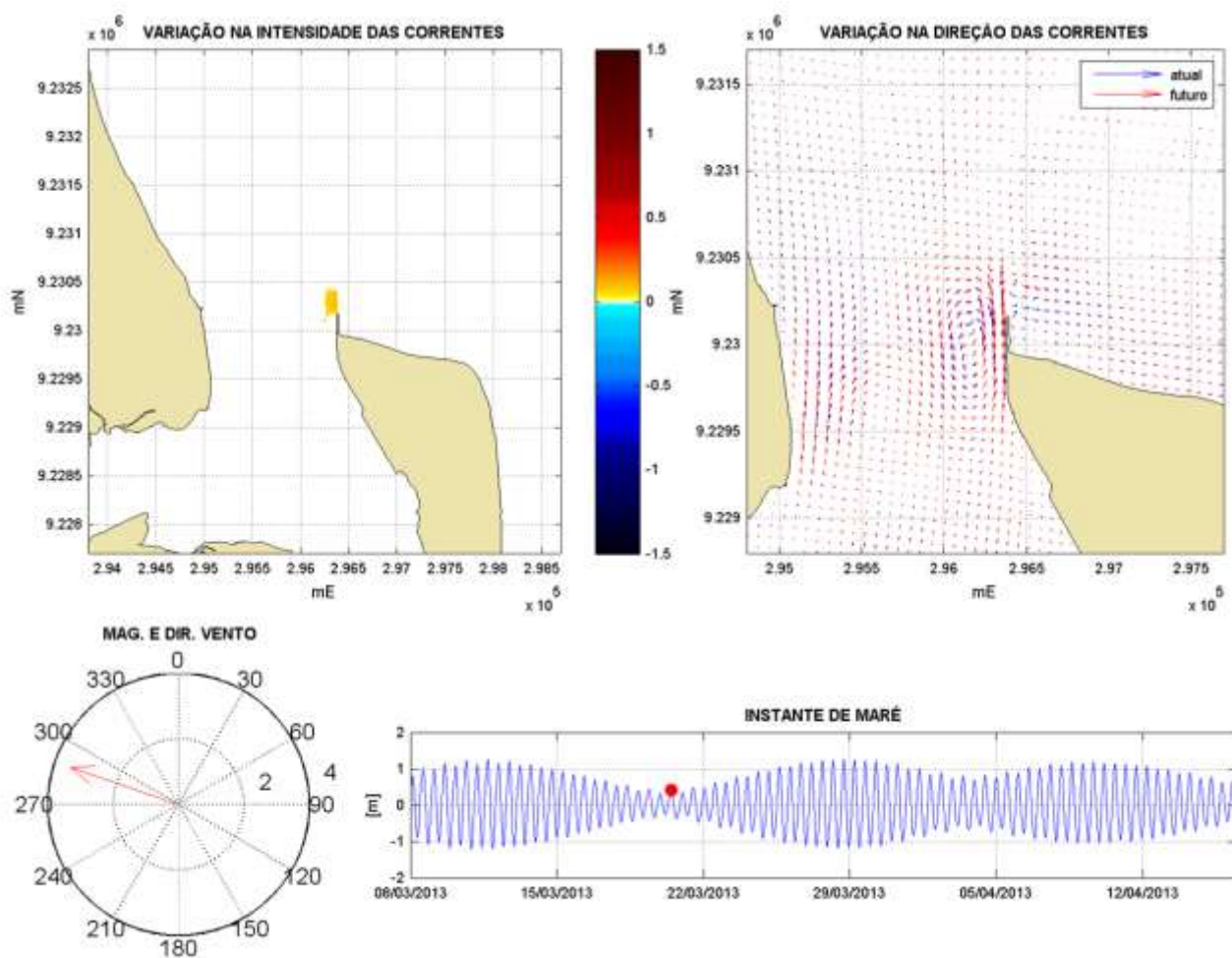


Figura 29: Variação na intensidade (painel superior esquerdo) e direção (painel direito) das correntes geradas pelo prolongamento do molhe em 150 m. Circulação induzida pela ação das marés astronômicas, com descarga fluvial média – maré de quadratura, passo de tempo 7.

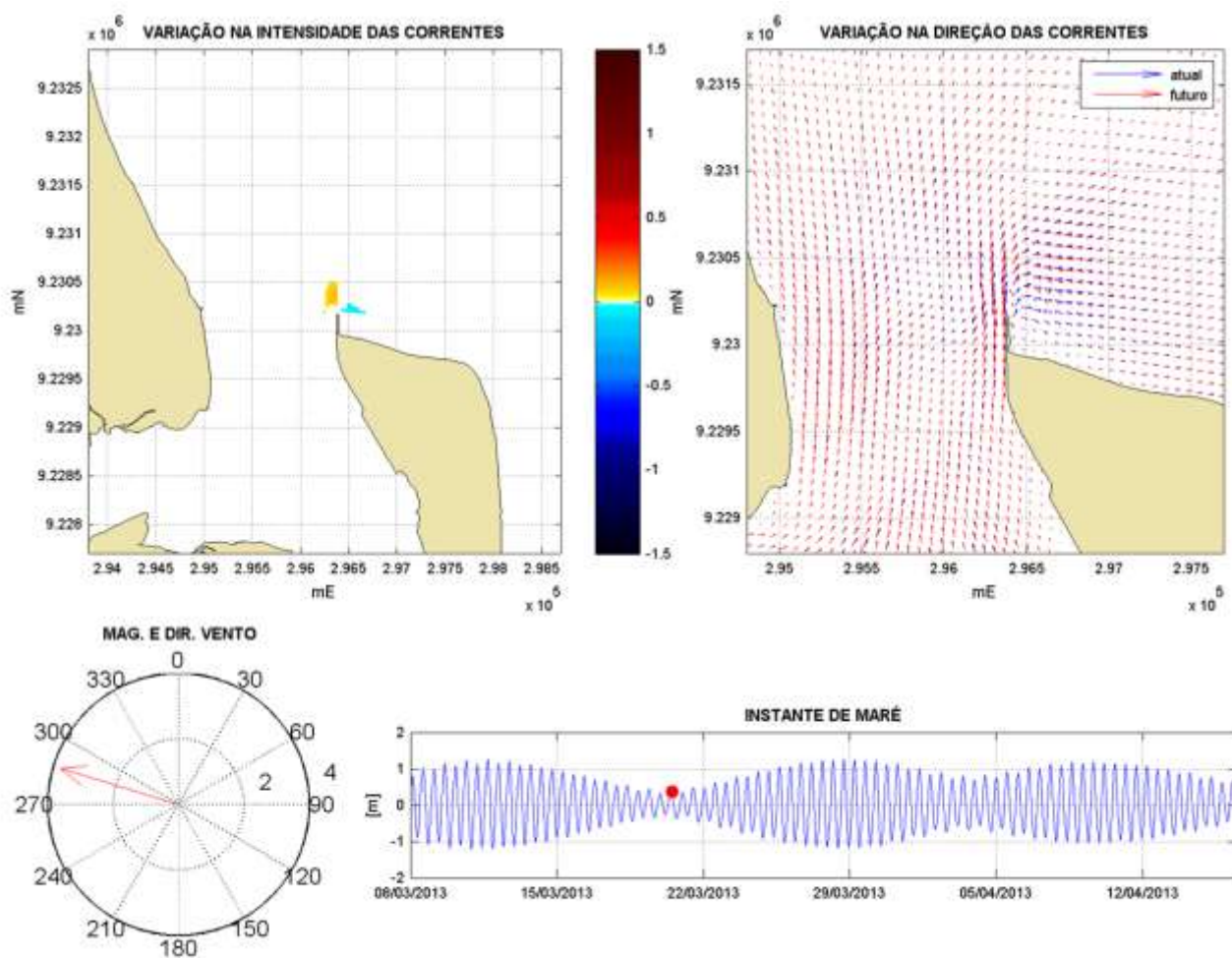


Figura 30: Variação na intensidade (painel superior esquerdo) e direção (painel direito) das correntes geradas pelo prolongamento do molhe em 150 m. Circulação induzida pela ação das marés astronômicas, com descarga fluvial média – maré de quadratura, passo de tempo 8.

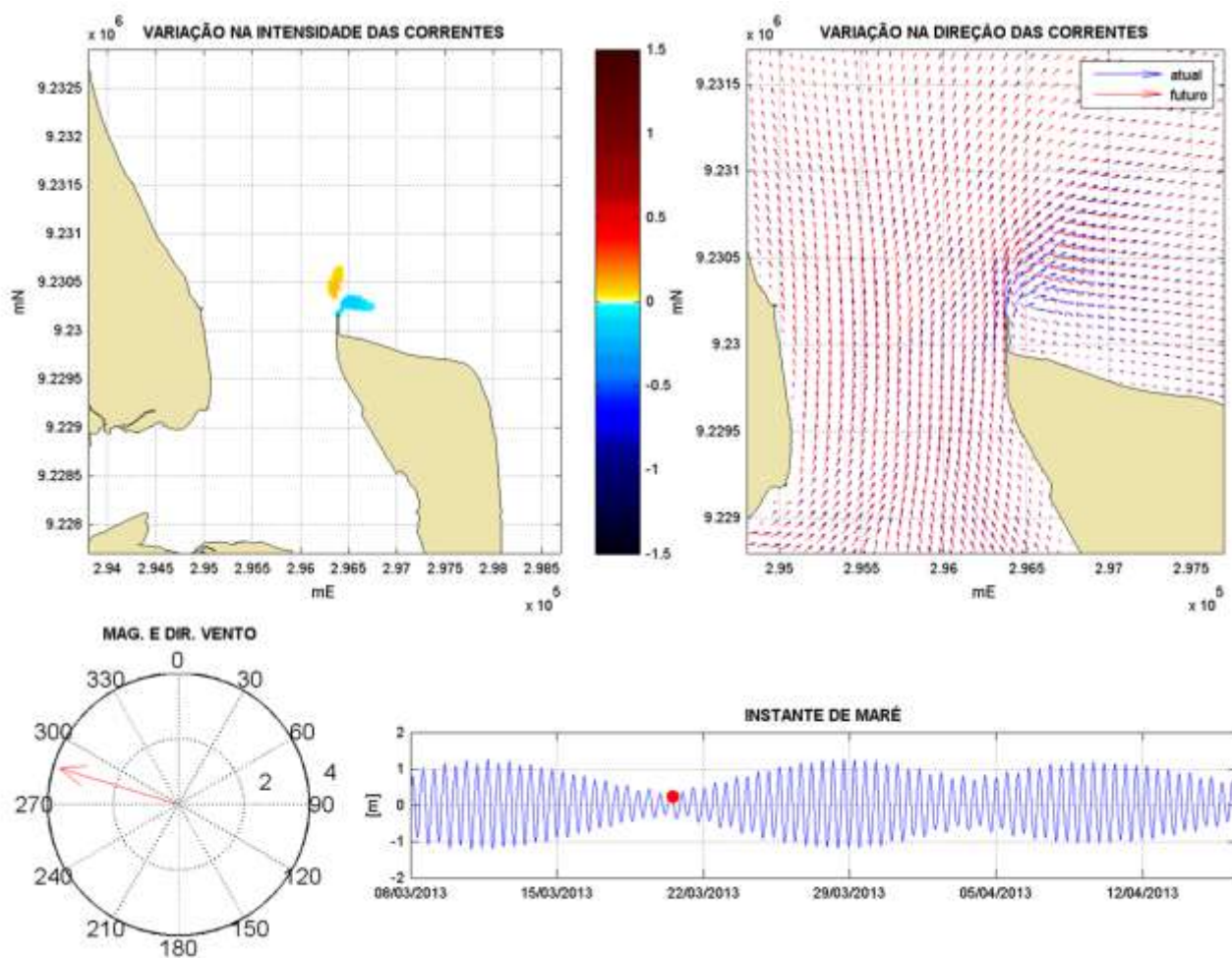


Figura 31: Variação na intensidade (painel superior esquerdo) e direção (painel direito) das correntes geradas pelo prolongamento do molhe em 150 m. Circulação induzida pela ação das marés astronômicas, com descarga fluvial média – maré de quadratura, passo de tempo 9.

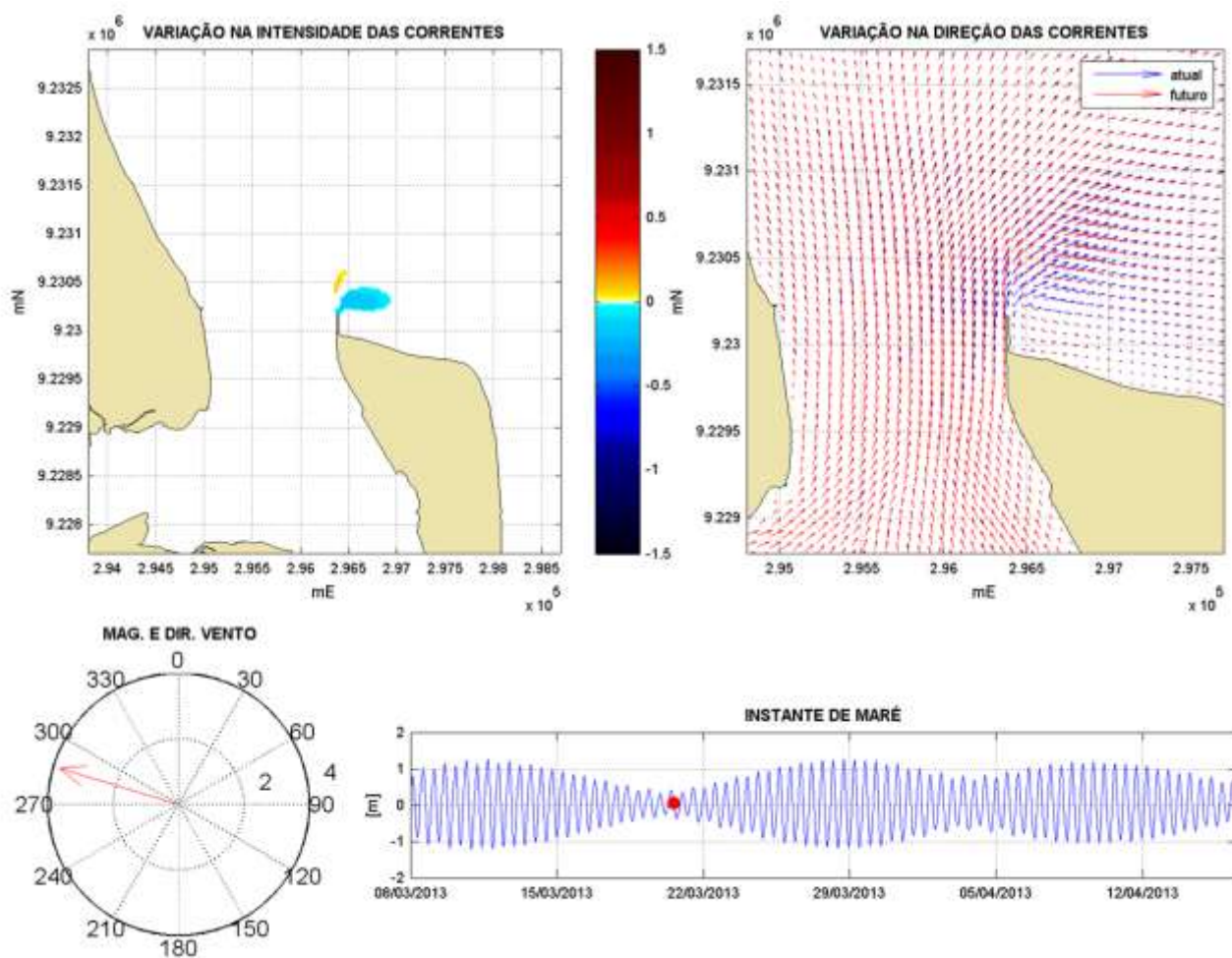


Figura 32: Variação na intensidade (painel superior esquerdo) e direção (painel direito) das correntes geradas pelo prolongamento do molhe em 150 m. Circulação induzida pela ação das marés astronômicas, com descarga fluvial média – maré de quadratura, passo de tempo 10.

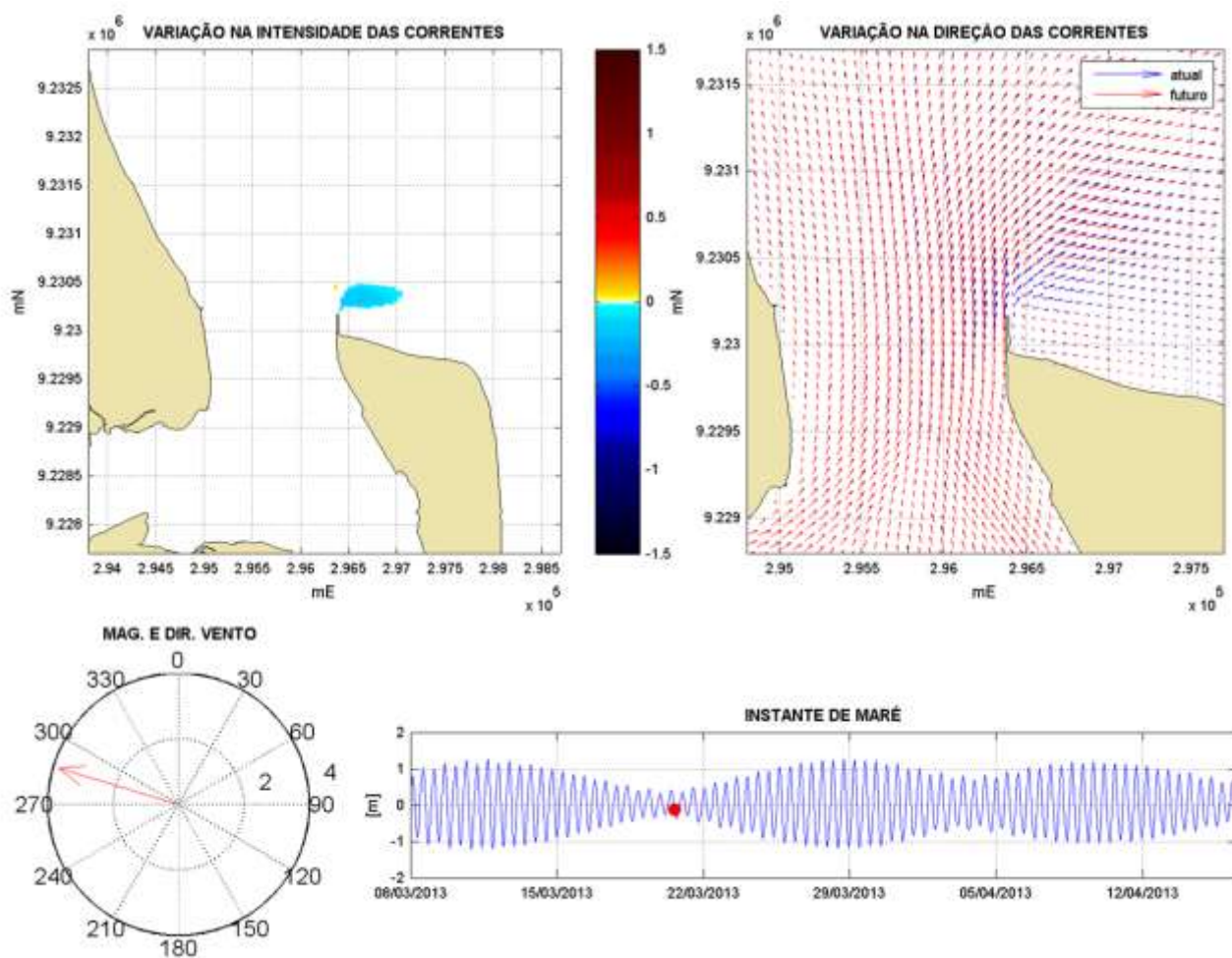


Figura 33: Variação na intensidade (painel superior esquerdo) e direção (painel direito) das correntes geradas pelo prolongamento do molhe em 150 m. Circulação induzida pela ação das marés astronômicas, com descarga fluvial média – maré de quadratura, passo de tempo 11.

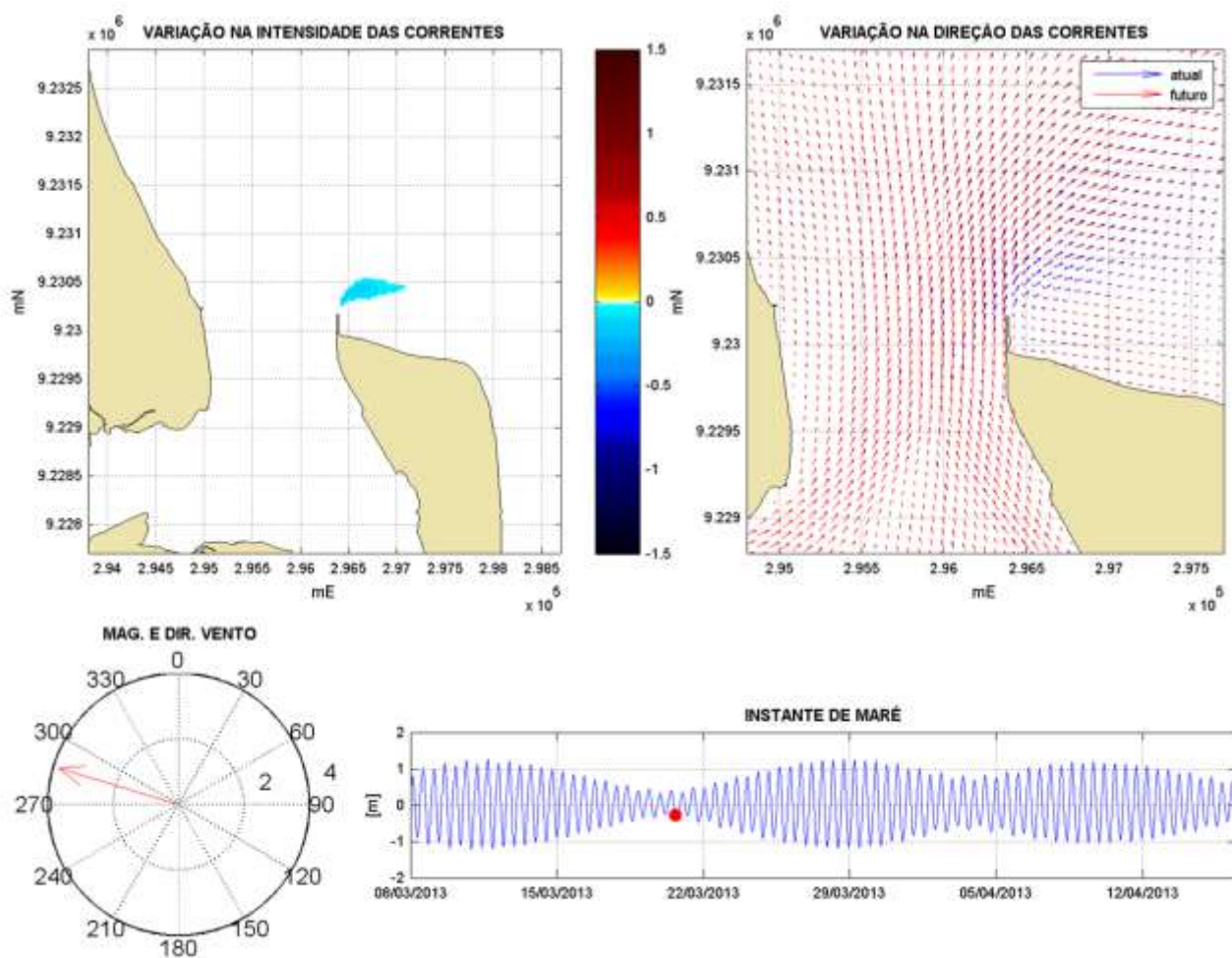


Figura 34: Variação na intensidade (painel superior esquerdo) e direção (painel direito) das correntes geradas pelo prolongamento do molhe em 150 m. Circulação induzida pela ação das marés astronômicas, com descarga fluvial média – maré de quadratura, passo de tempo 12.

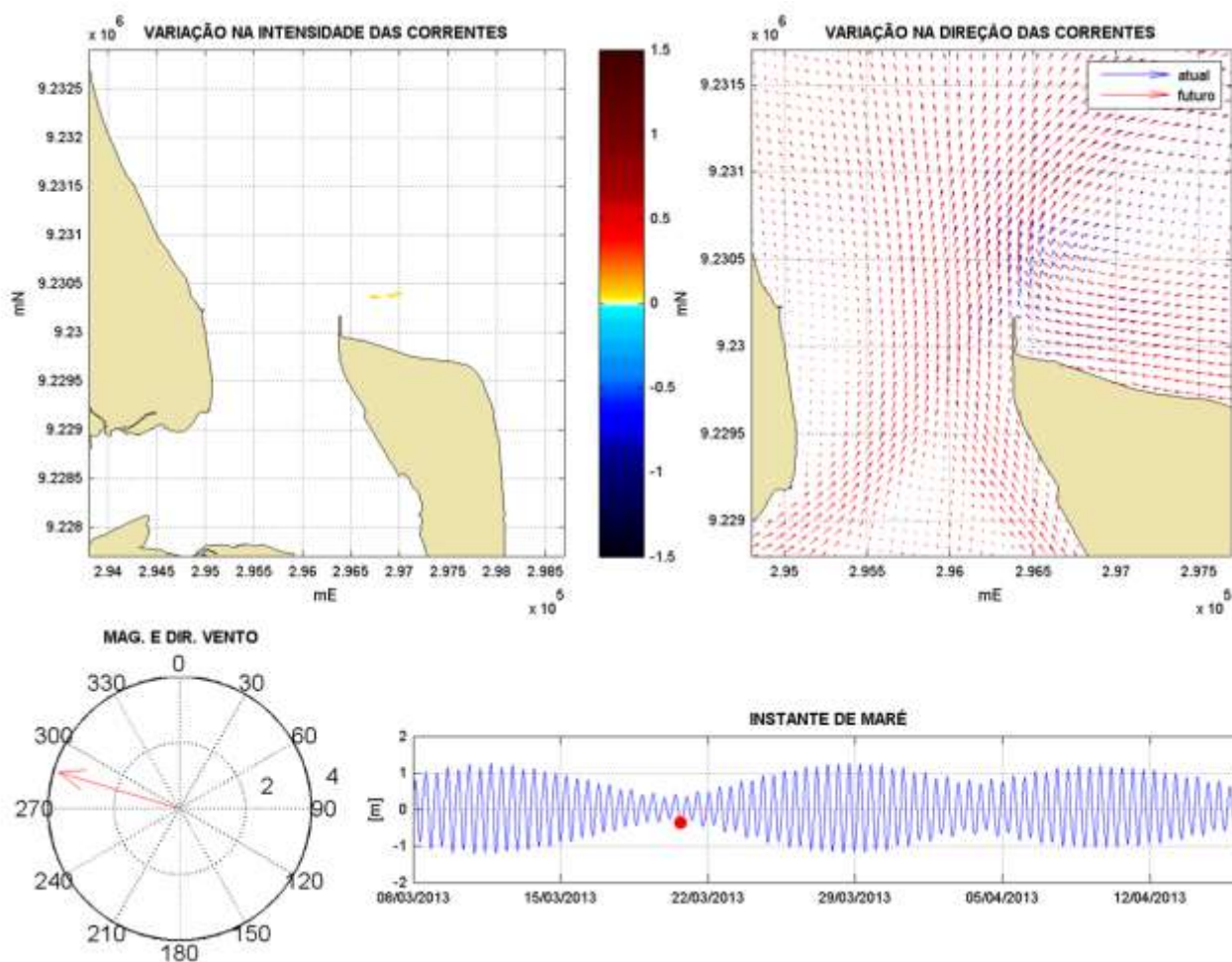


Figura 35: Variação na intensidade (painel superior esquerdo) e direção (painel direito) das correntes geradas pelo prolongamento do molhe em 150 m. Circulação induzida pela ação das marés astronômicas, com descarga fluvial média – maré de quadratura, passo de tempo 13.

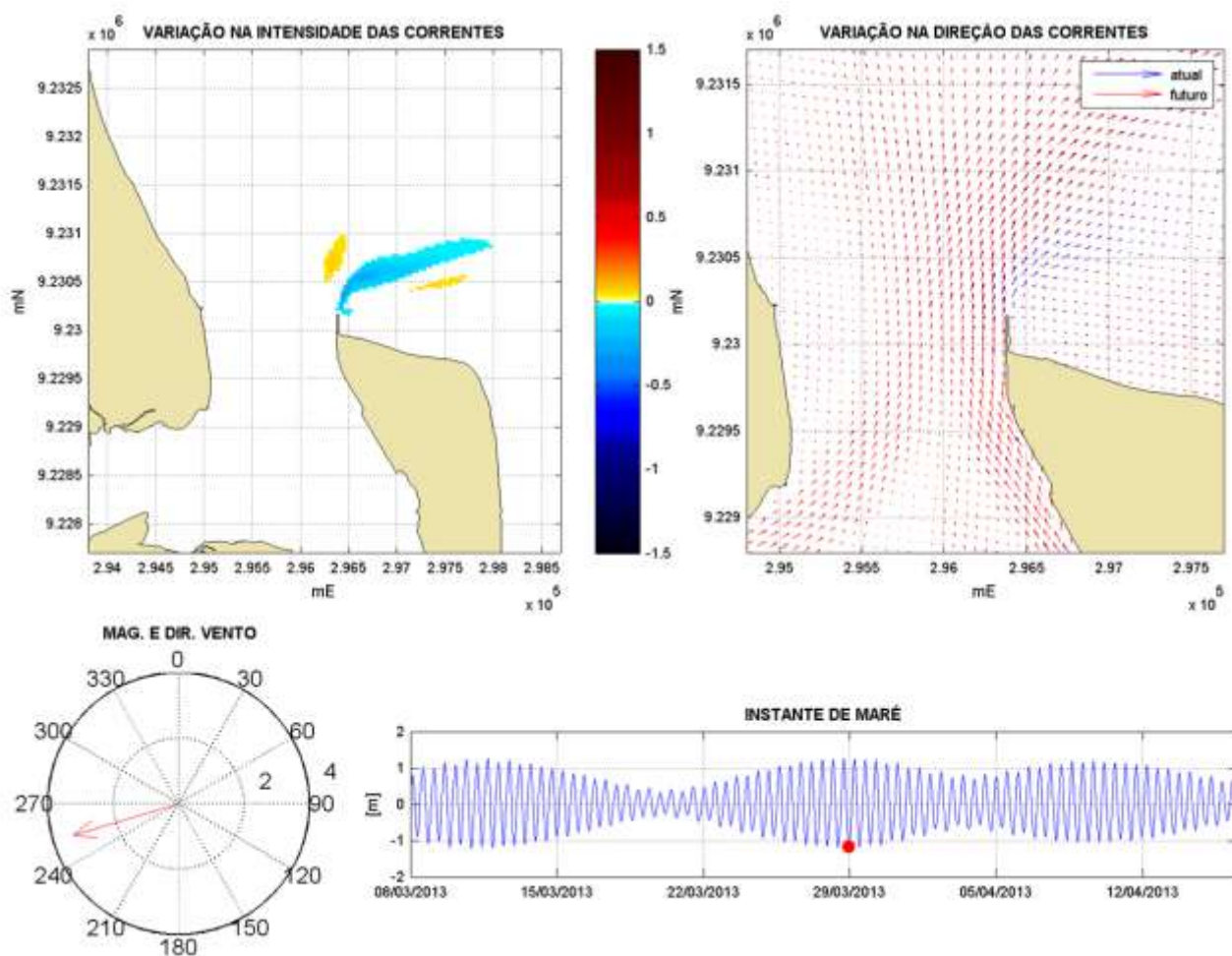


Figura 36: Variação na intensidade (painel superior esquerdo) e direção (painel direito) das correntes geradas pelo prolongamento do molhe em 150 m. Circulação induzida pela ação das marés astronômicas, com descarga fluvial média – maré de sizígia, passo de tempo 1.

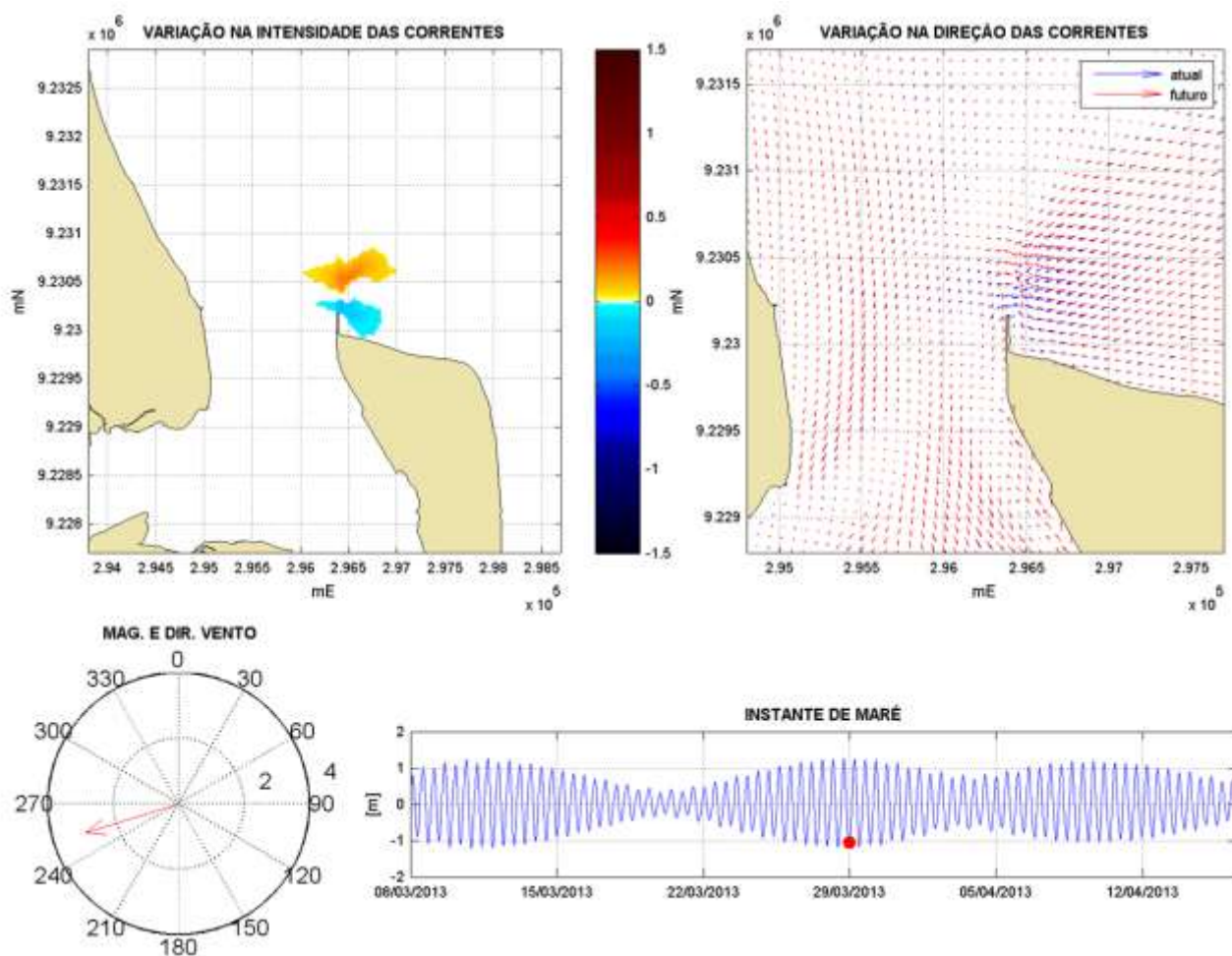


Figura 37: Variação na intensidade (painel superior esquerdo) e direção (painel direito) das correntes geradas pelo prolongamento do molhe em 150 m. Circulação induzida pela ação das marés astronômicas, com descarga fluvial média – maré de sizígia, passo de tempo 2.

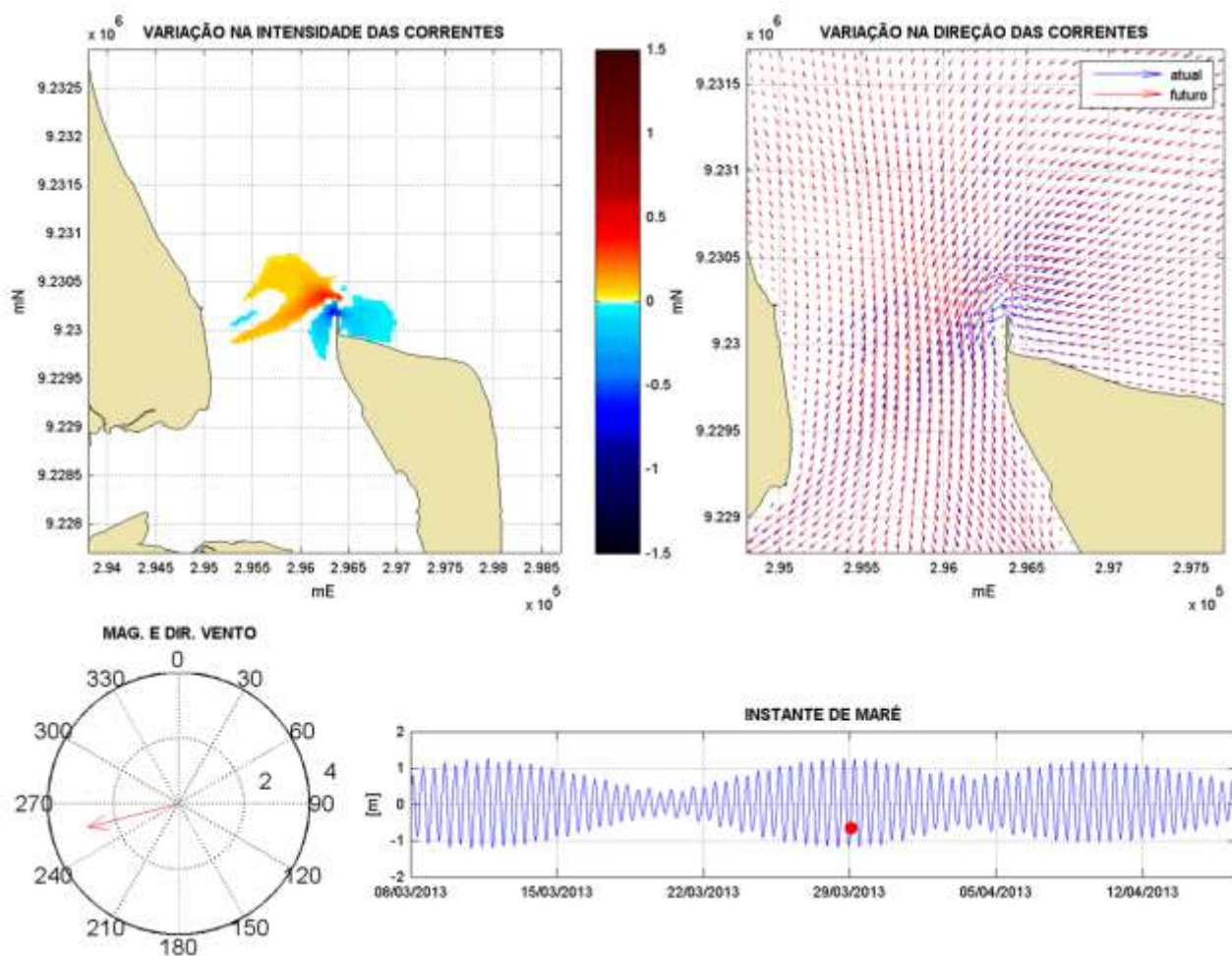


Figura 38: Variação na intensidade (painel superior esquerdo) e direção (painel direito) das correntes geradas pelo prolongamento do molhe em 150 m. Circulação induzida pela ação das marés astronômicas, com descarga fluvial média – maré de sizígia, passo de tempo 3.

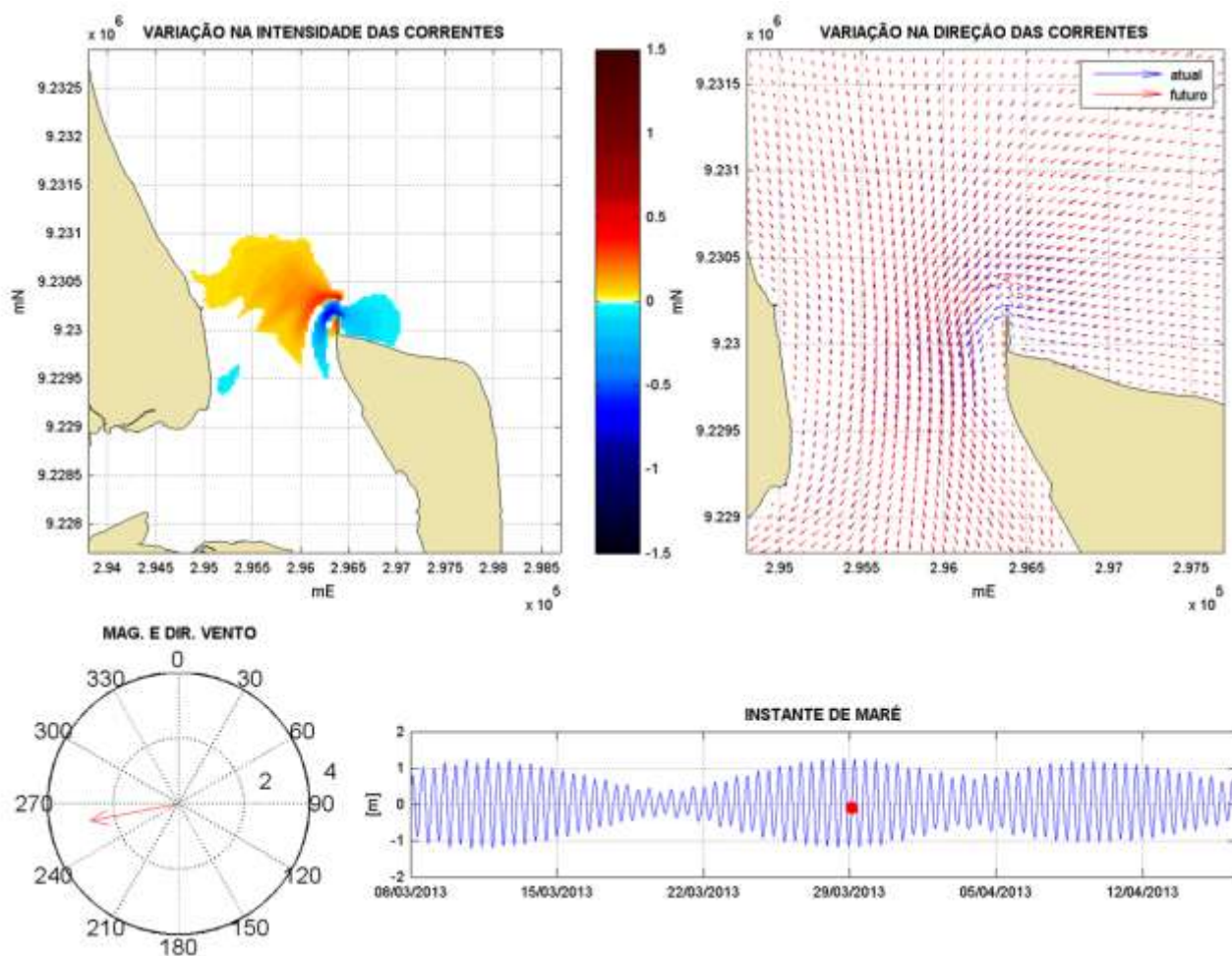


Figura 39: Variação na intensidade (painel superior esquerdo) e direção (painel direito) das correntes geradas pelo prolongamento do molhe em 150 m. Circulação induzida pela ação das marés astronômicas, com descarga fluvial média – maré de sizígia, passo de tempo 4.

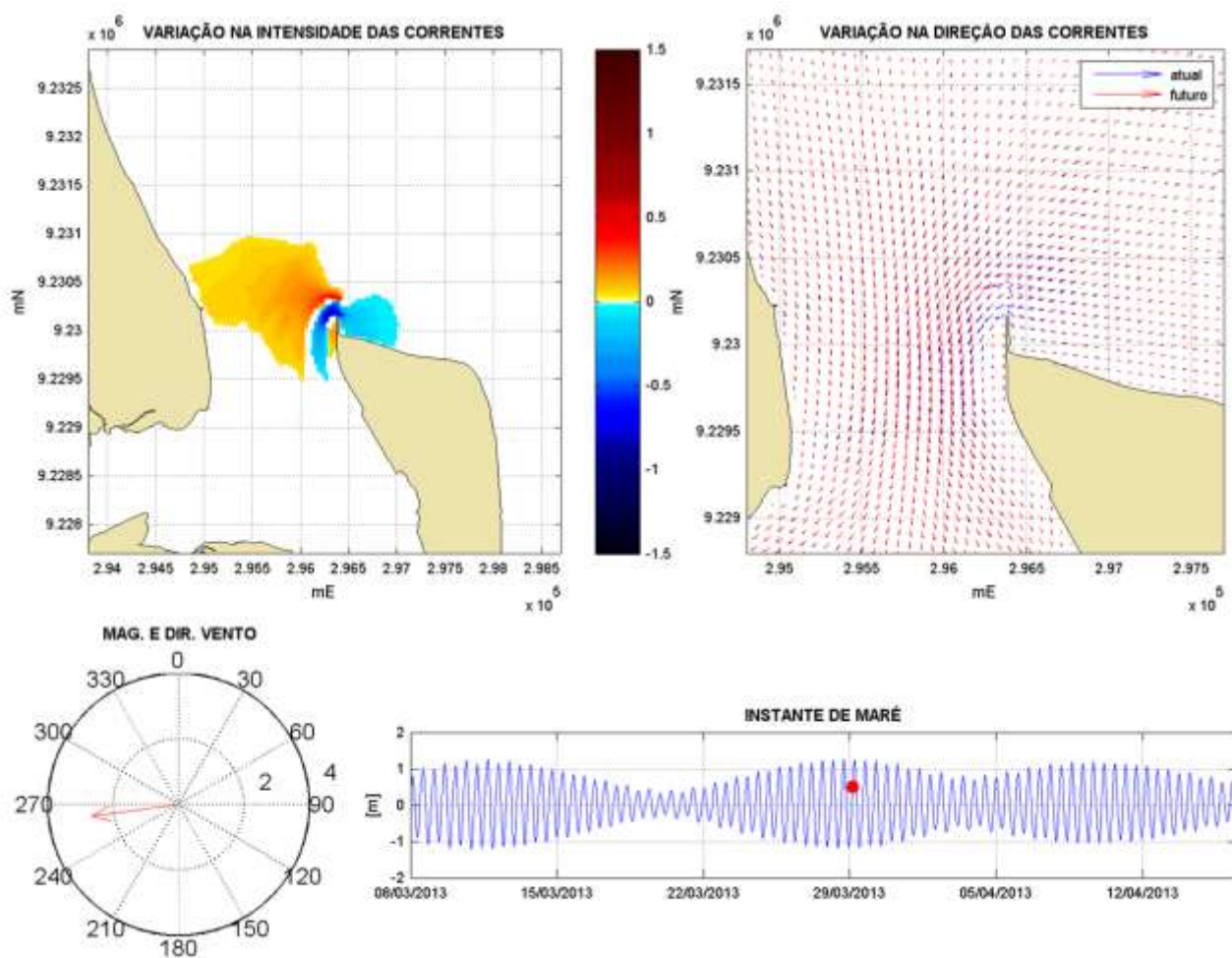


Figura 40: Variação na intensidade (painel superior esquerdo) e direção (painel direito) das correntes geradas pelo prolongamento do molhe em 150 m. Circulação induzida pela ação das marés astronômicas, com descarga fluvial média – maré de sizígia, passo de tempo 5.

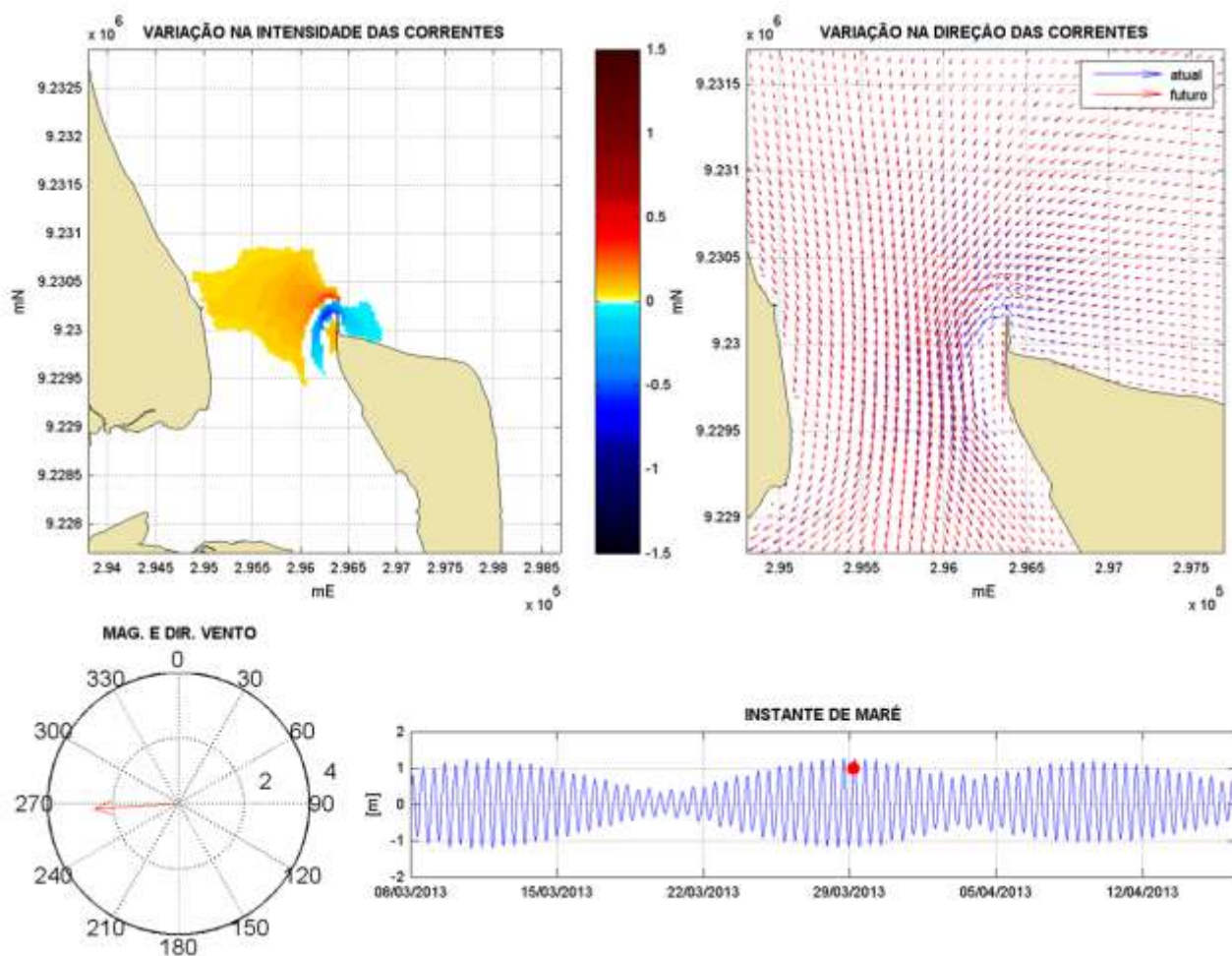


Figura 41: Variação na intensidade (painel superior esquerdo) e direção (painel direito) das correntes geradas pelo prolongamento do molhe em 150 m. Circulação induzida pela ação das marés astronômicas, com descarga fluvial média – maré de sizígia, passo de tempo 6.

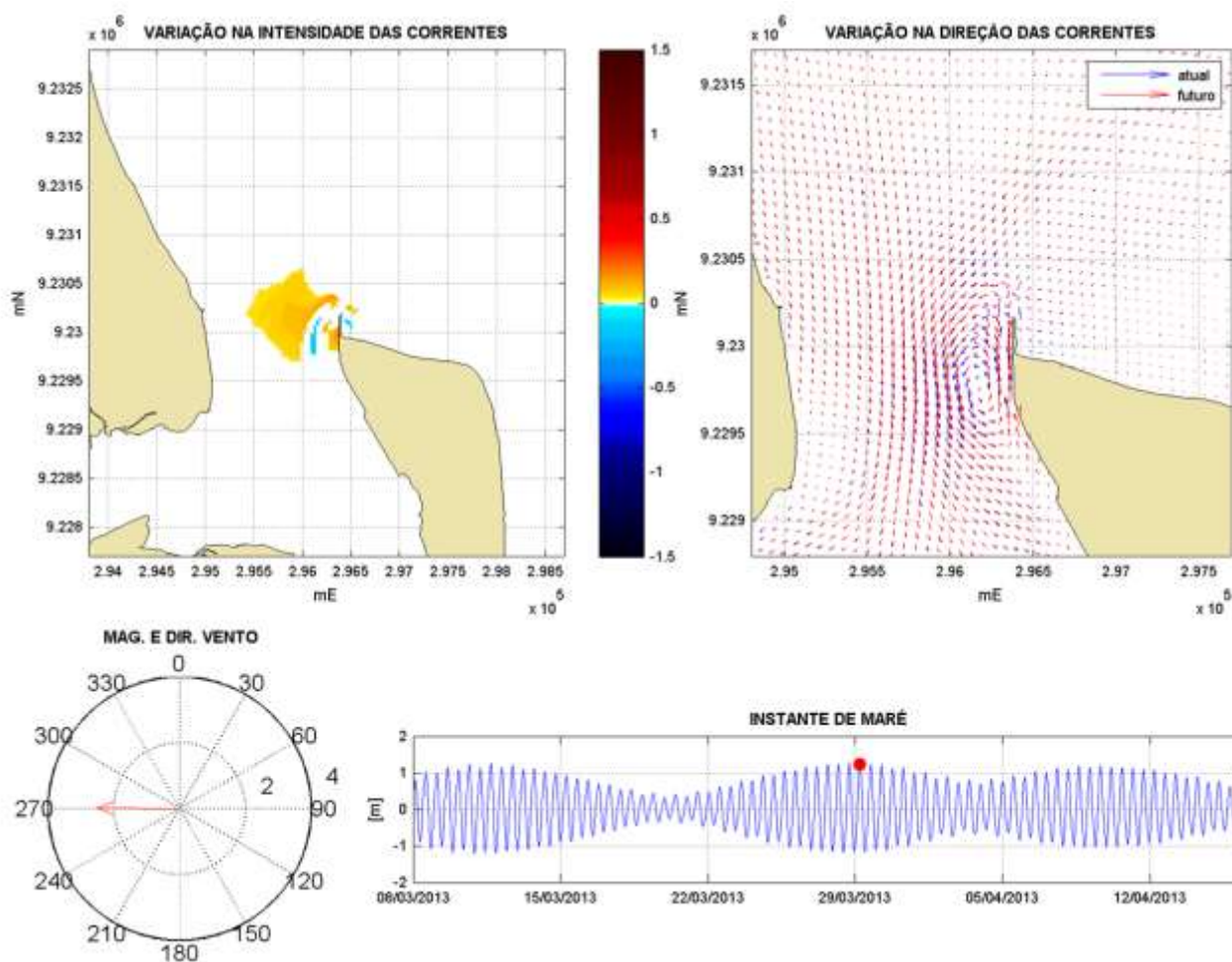


Figura 42: Variação na intensidade (painel superior esquerdo) e direção (painel direito) das correntes geradas pelo prolongamento do molhe em 150 m. Circulação induzida pela ação das marés astronômicas, com descarga fluvial média – maré de sizígia, passo de tempo 7.

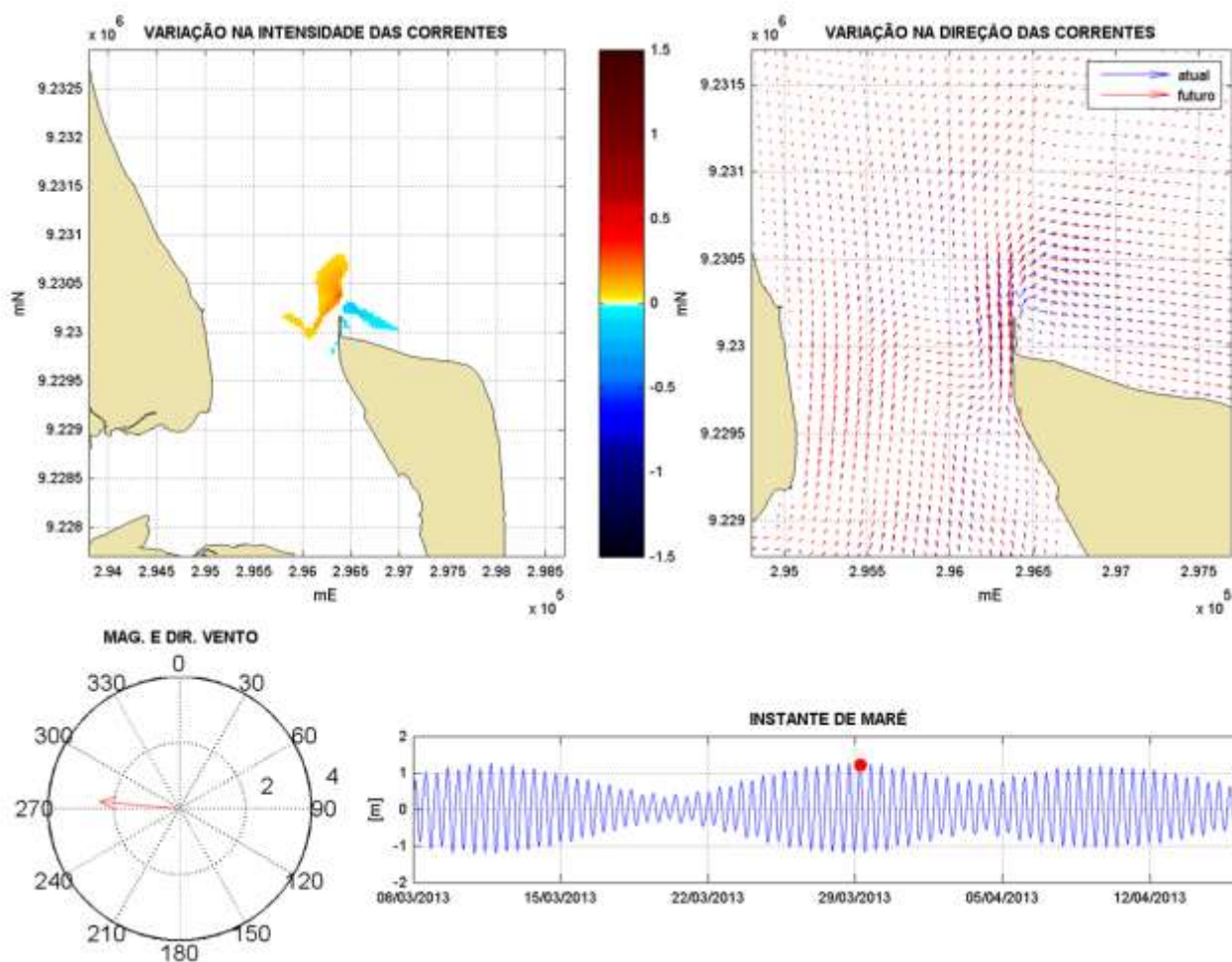


Figura 43: Variação na intensidade (painel superior esquerdo) e direção (painel direito) das correntes geradas pelo prolongamento do molhe em 150 m. Circulação induzida pela ação das marés astronômicas, com descarga fluvial média – maré de sizígia, passo de tempo 8.

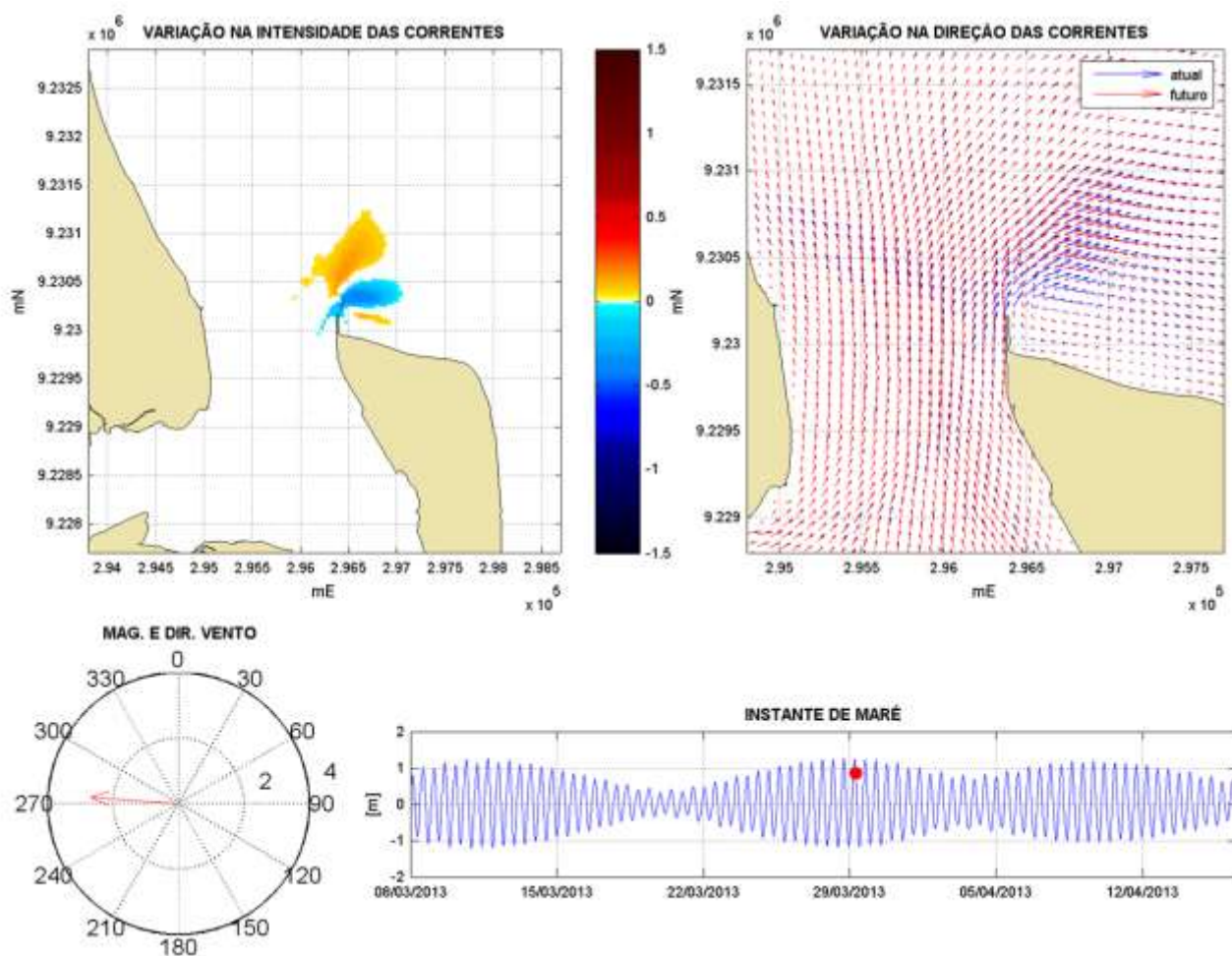


Figura 44: Variação na intensidade (painel superior esquerdo) e direção (painel direito) das correntes geradas pelo prolongamento do molhe em 150 m. Circulação induzida pela ação das marés astronômicas, com descarga fluvial média – maré de sizígia, passo de tempo 9.

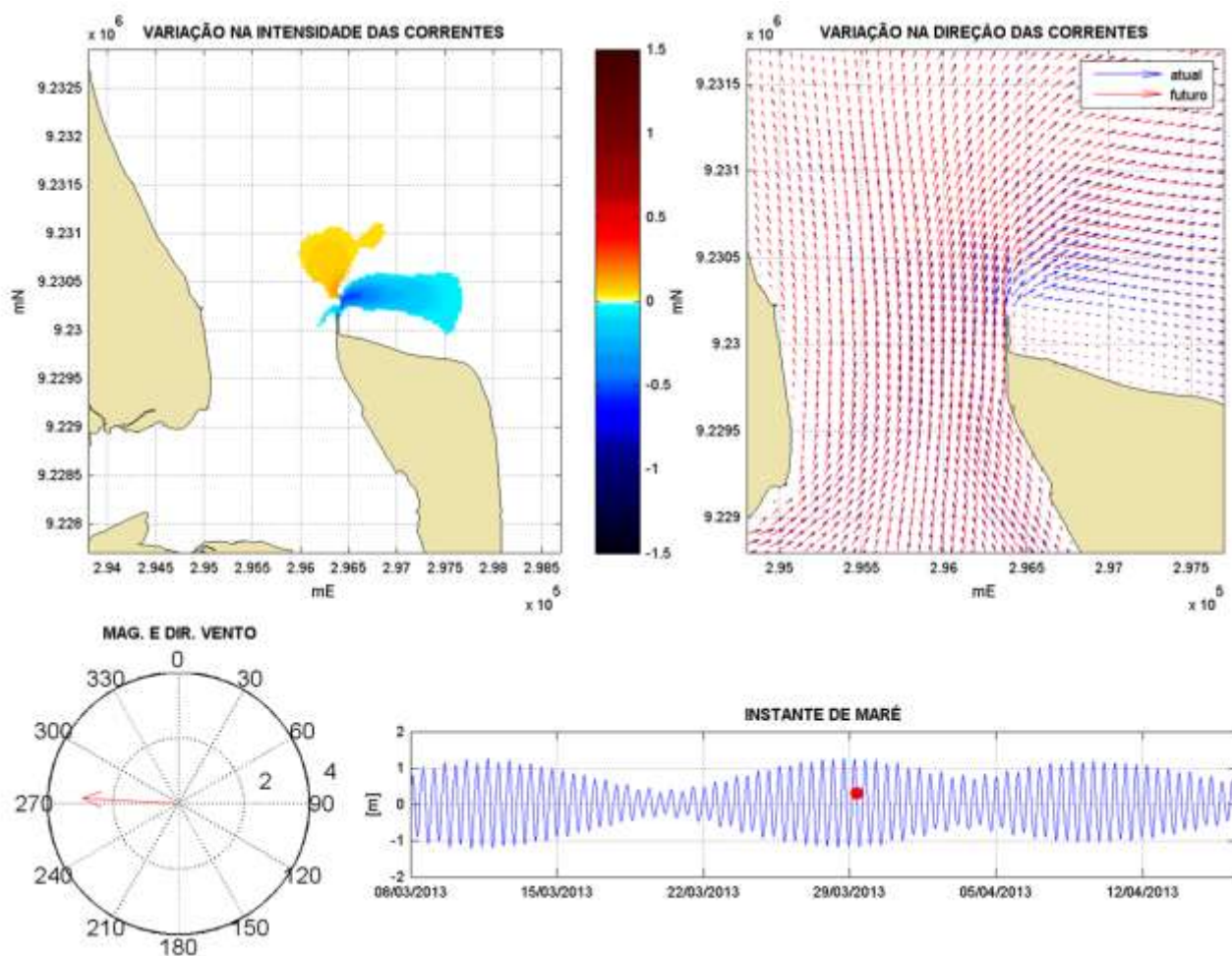


Figura 45: Variação na intensidade (painel superior esquerdo) e direção (painel direito) das correntes geradas pelo prolongamento do molhe em 150 m. Circulação induzida pela ação das marés astronômicas, com descarga fluvial média – maré de sizígia, passo de tempo 10.

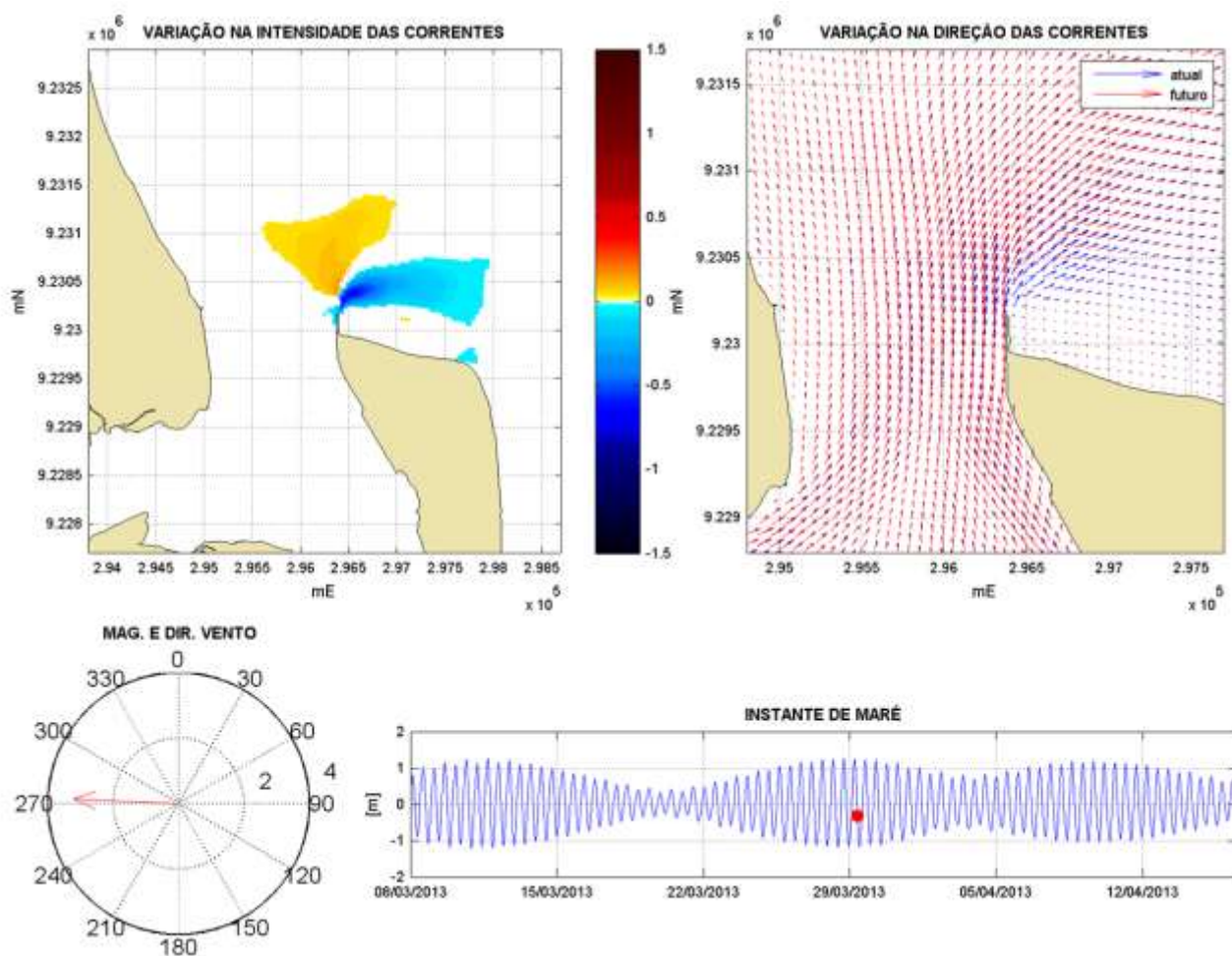


Figura 46: Variação na intensidade (painel superior esquerdo) e direção (painel direito) das correntes geradas pelo prolongamento do molhe em 150 m. Circulação induzida pela ação das marés astronômicas, com descarga fluvial média – maré de sizígia, passo de tempo 11.

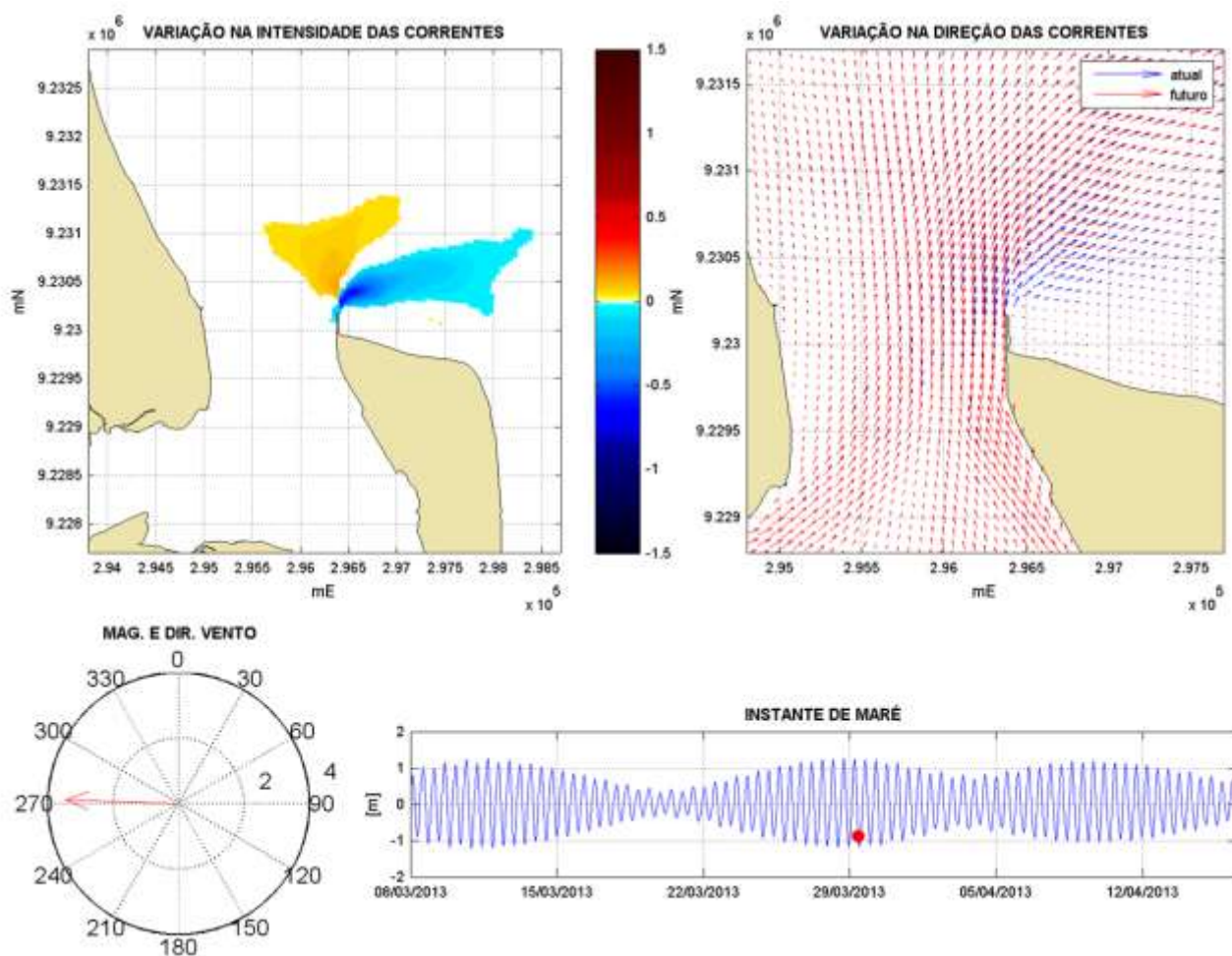


Figura 47: Variação na intensidade (painel superior esquerdo) e direção (painel direito) das correntes geradas pelo prolongamento do molhe em 150 m. Circulação induzida pela ação das marés astronômicas, com descarga fluvial média – maré de sizígia, passo de tempo 12.

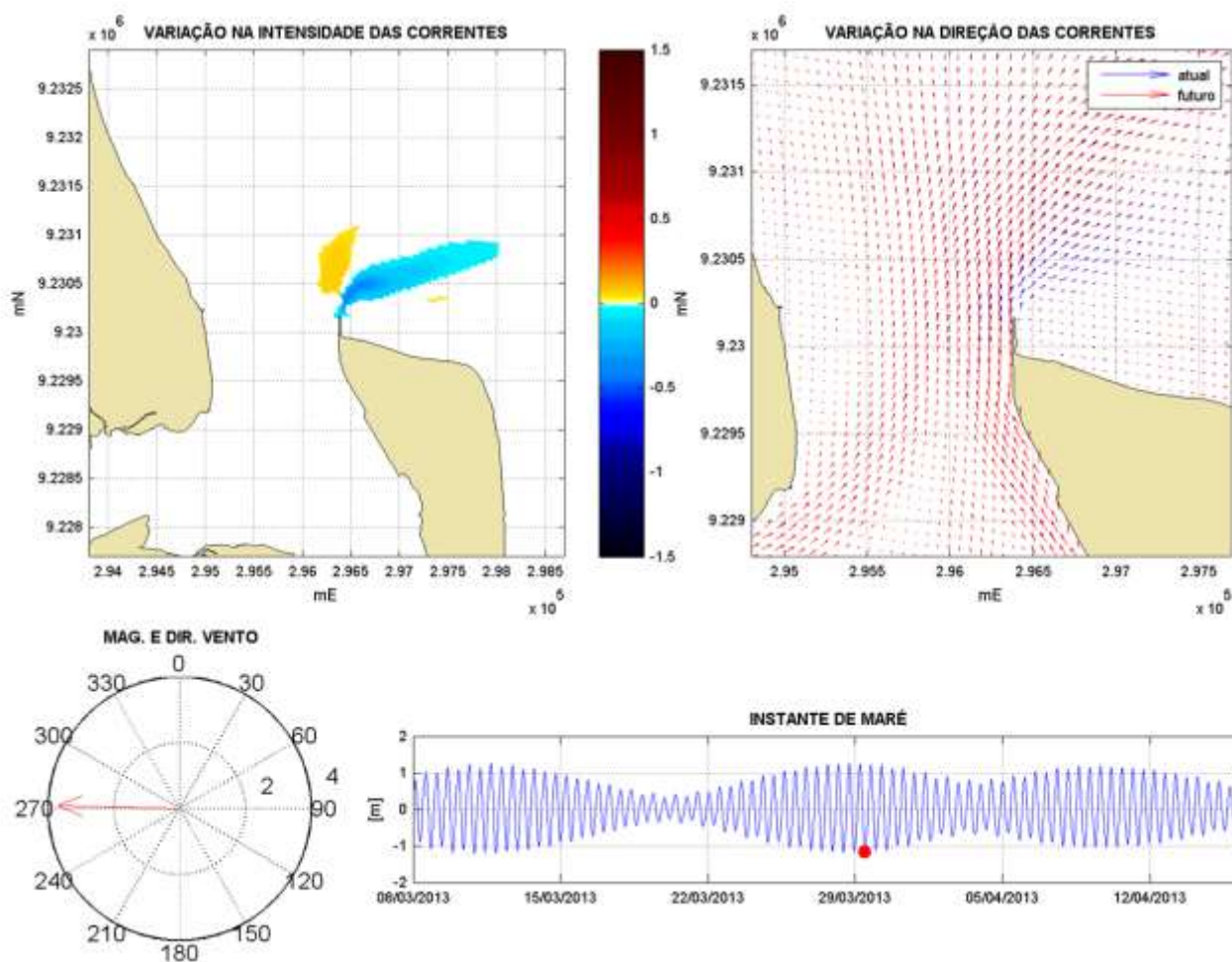


Figura 48: Variação na intensidade (painel superior esquerdo) e direção (painel direito) das correntes geradas pelo prolongamento do molhe em 150 m. Circulação induzida pela ação das marés astronômicas, com descarga fluvial média – maré de sizígia, passo de tempo 13.

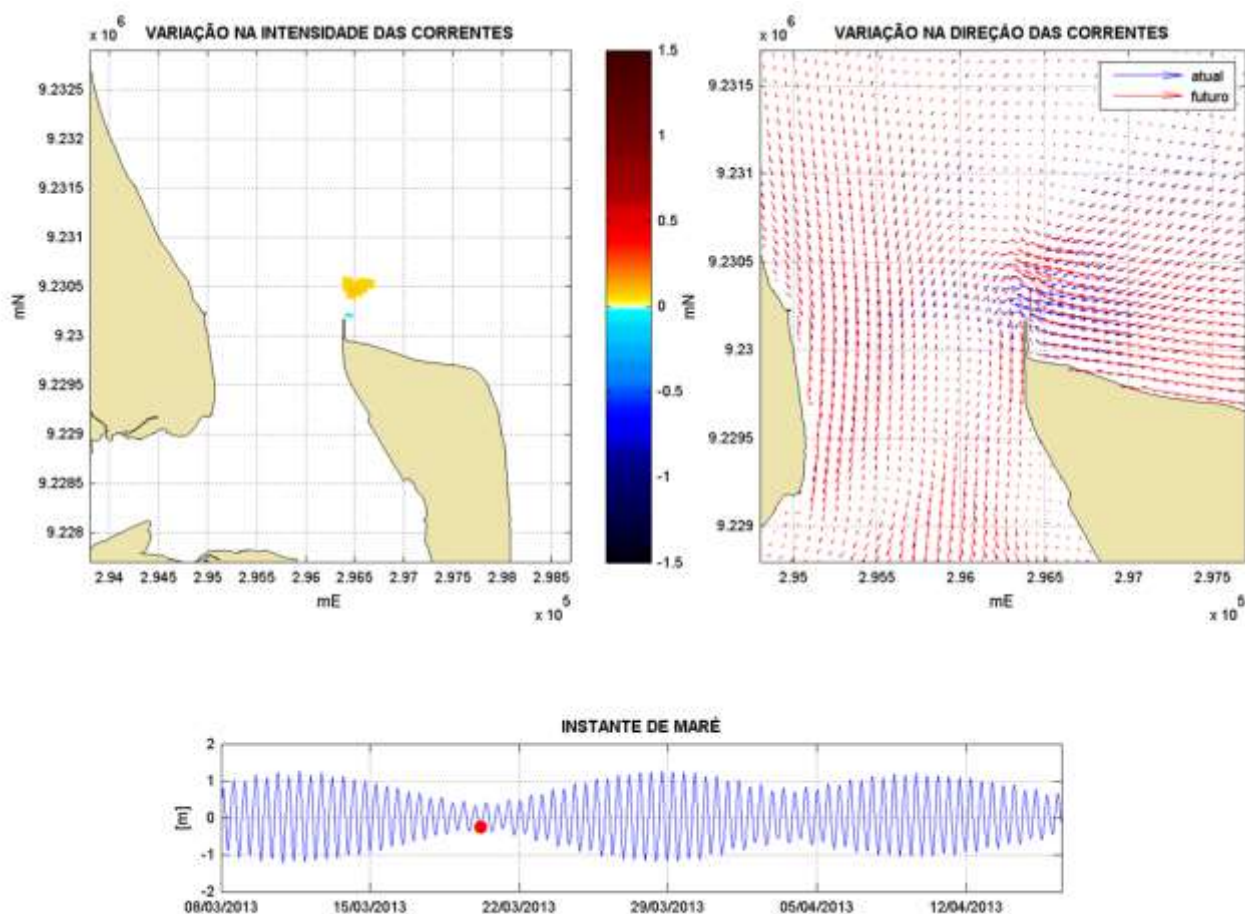


Figura 49: Variação na intensidade (painel superior esquerdo) e direção (painel direito) das correntes geradas pelo prolongamento do molhe em 150 m. Circulação induzida pela ação das marés astronômicas, sem vento e com valores de descarga fluvial média – maré de quadratura, passo de tempo 1.

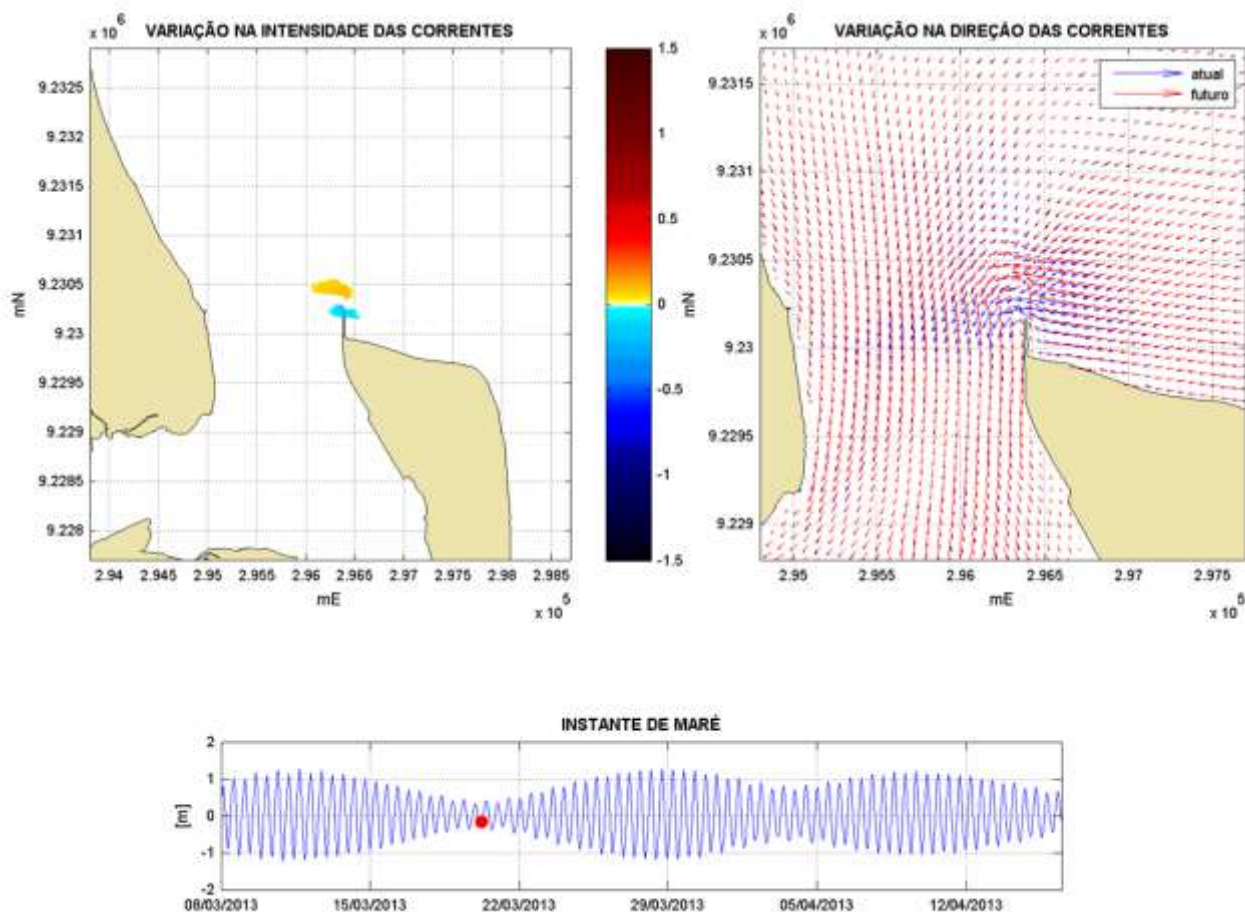


Figura 50: Variação na intensidade (painel superior esquerdo) e direção (painel direito) das correntes geradas pelo prolongamento do molhe em 150 m. Circulação induzida pela ação das marés astronômicas, sem vento e com valores de descarga fluvial média – maré de quadratura, passo de tempo 2.

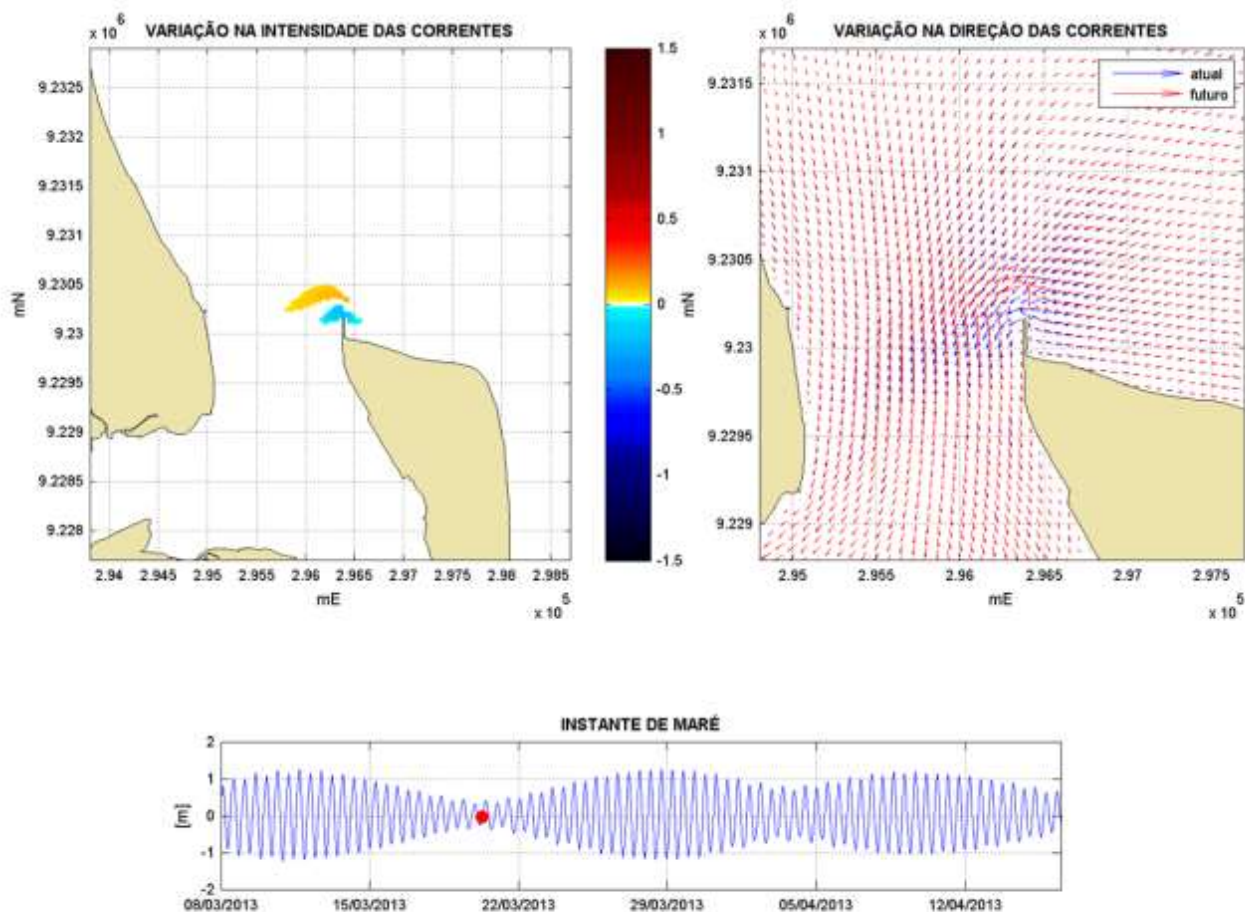


Figura 51: Variação na intensidade (painel superior esquerdo) e direção (painel direito) das correntes geradas pelo prolongamento do molhe em 150 m. Circulação induzida pela ação das marés astronômicas, sem vento e com valores de descarga fluvial média – maré de quadratura, passo de tempo 3.

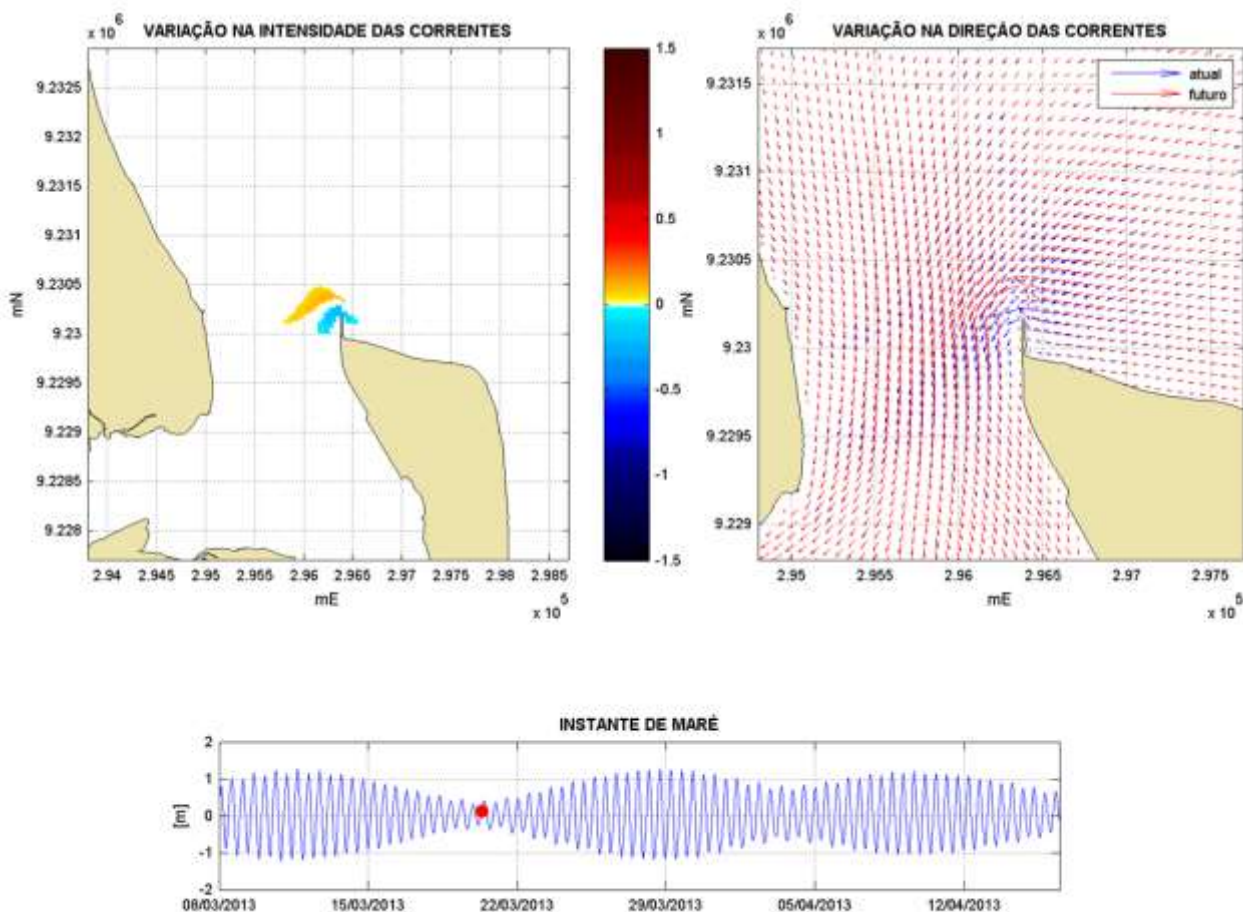


Figura 52: Variação na intensidade (painel superior esquerdo) e direção (painel direito) das correntes geradas pelo prolongamento do molhe em 150 m. Circulação induzida pela ação das marés astronômicas, sem vento e com valores de descarga fluvial média – maré de quadratura, passo de tempo 4.

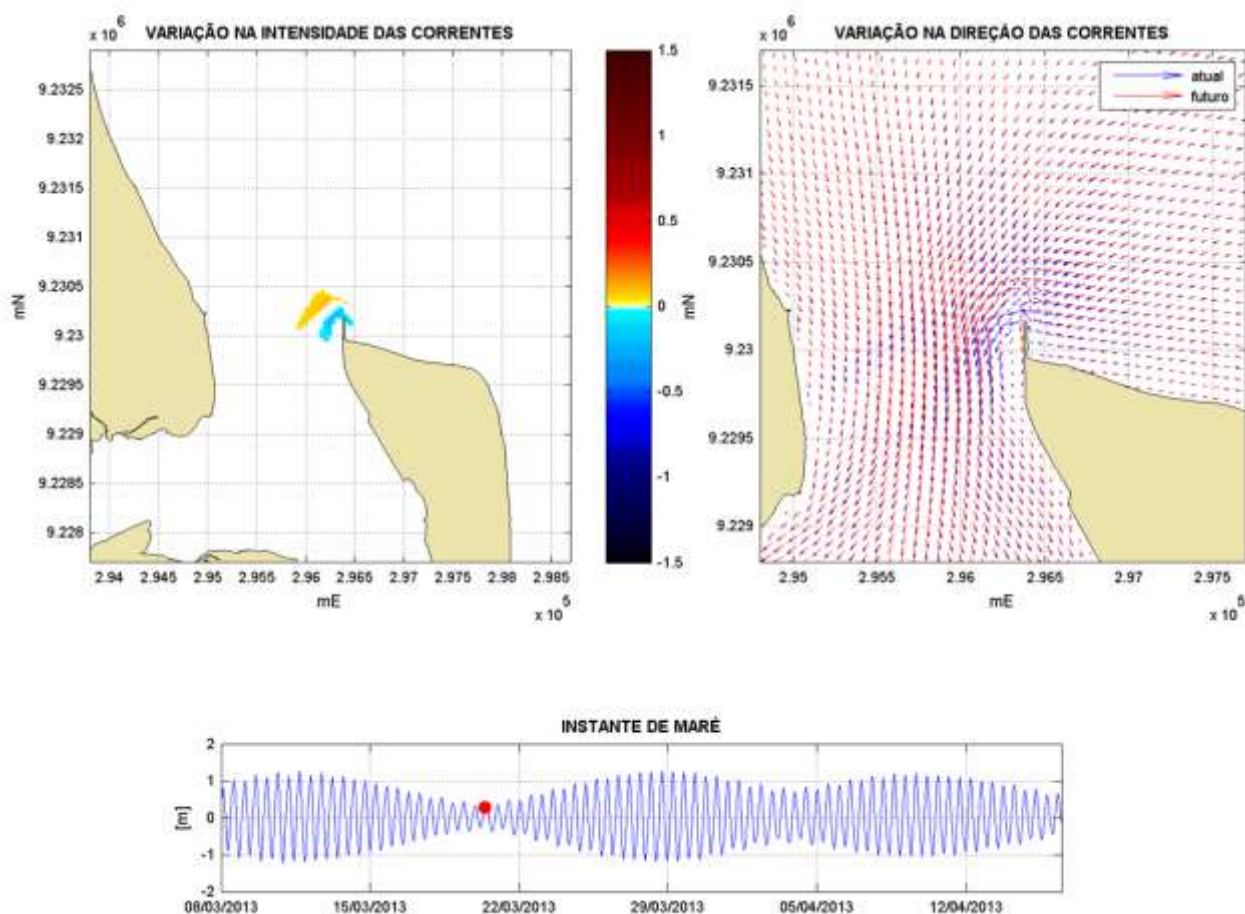


Figura 53: Variação na intensidade (painel superior esquerdo) e direção (painel direito) das correntes geradas pelo prolongamento do molhe em 150 m. Circulação induzida pela ação das marés astronômicas, sem vento e com valores de descarga fluvial média – maré de quadratura, passo de tempo 5.

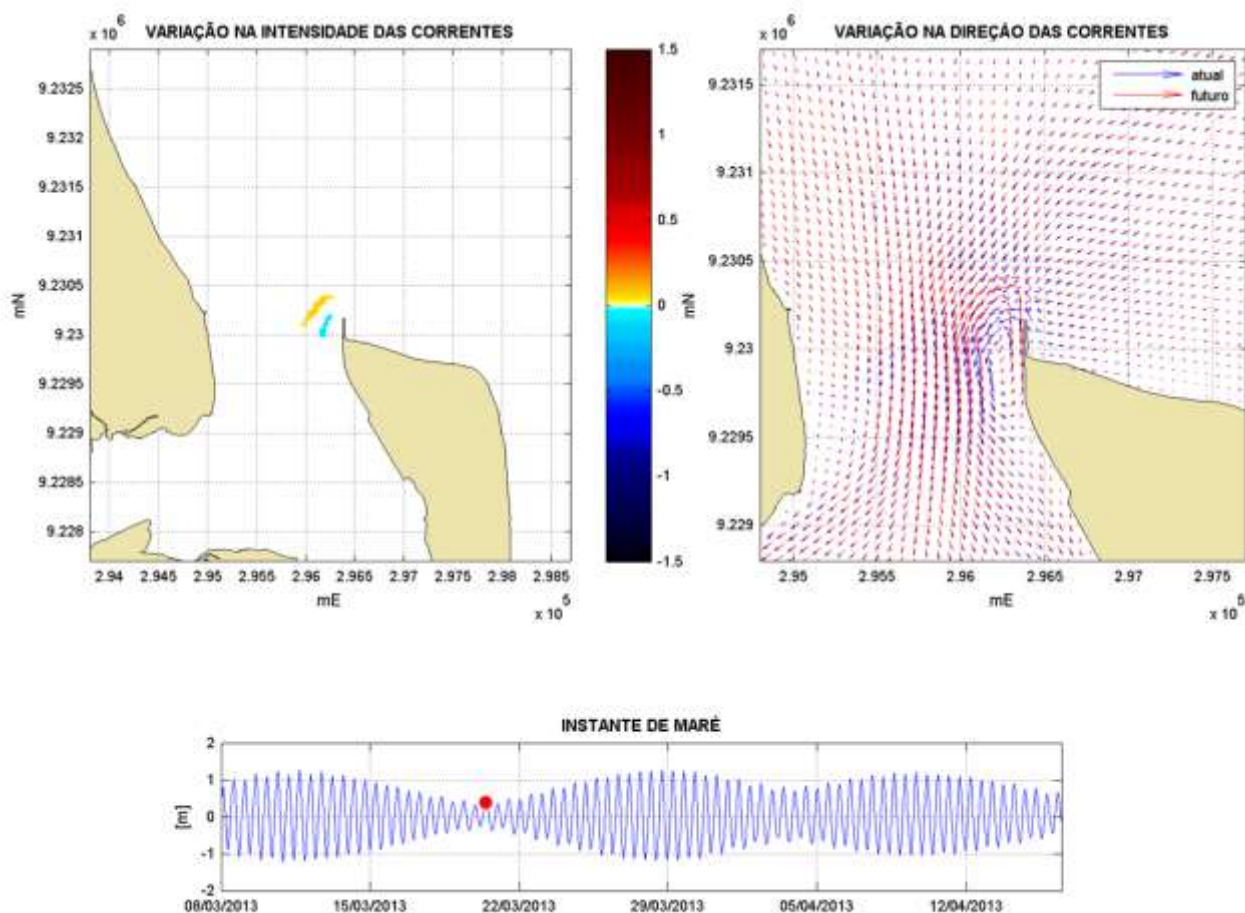


Figura 54: Variação na intensidade (painel superior esquerdo) e direção (painel direito) das correntes geradas pelo prolongamento do molhe em 150 m. Circulação induzida pela ação das marés astronômicas, sem vento e com valores de descarga fluvial média – maré de quadratura, passo de tempo 6.

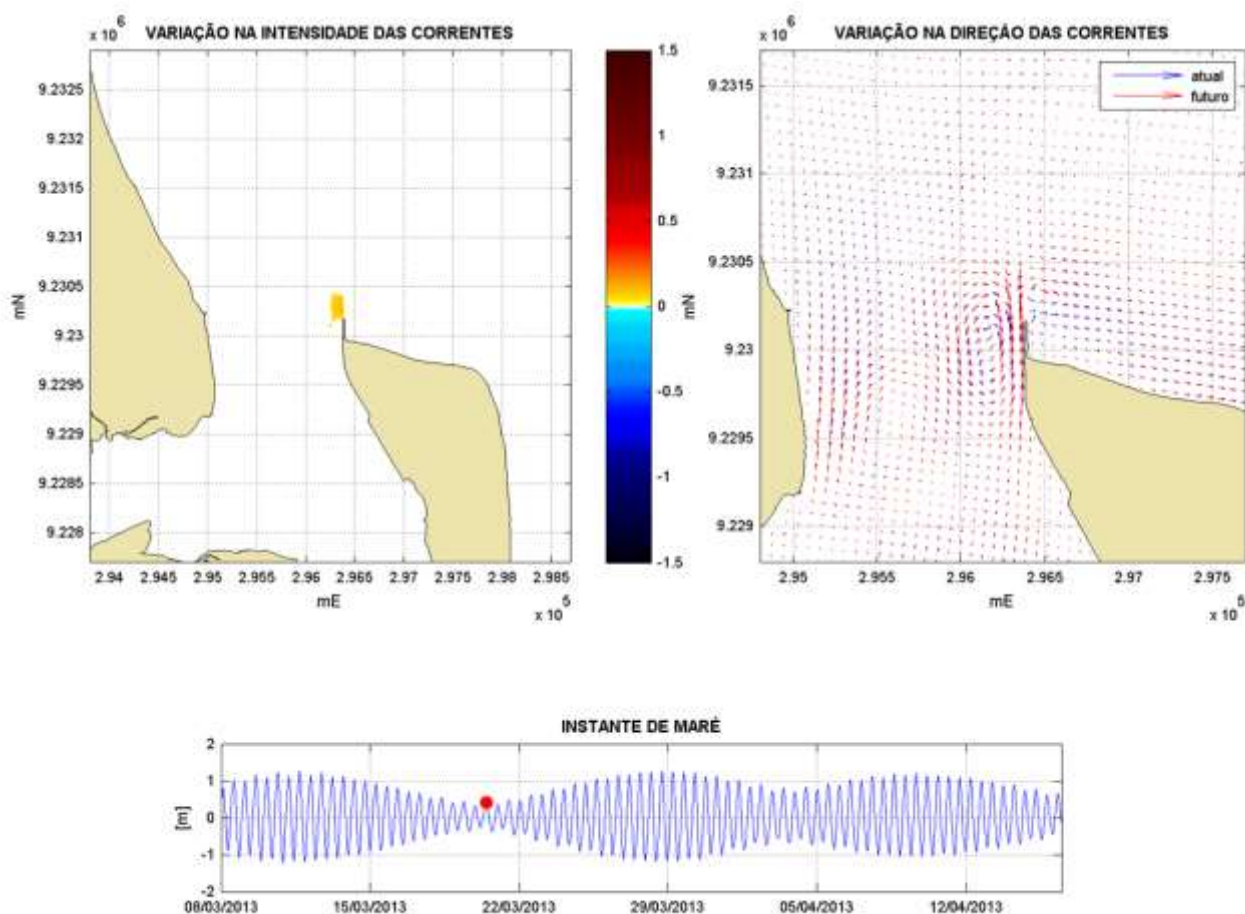


Figura 55: Variação na intensidade (painel superior esquerdo) e direção (painel direito) das correntes geradas pelo prolongamento do molhe em 150 m. Circulação induzida pela ação das marés astronômicas, sem vento e com valores de descarga fluvial média – maré de quadratura, passo de tempo 7.

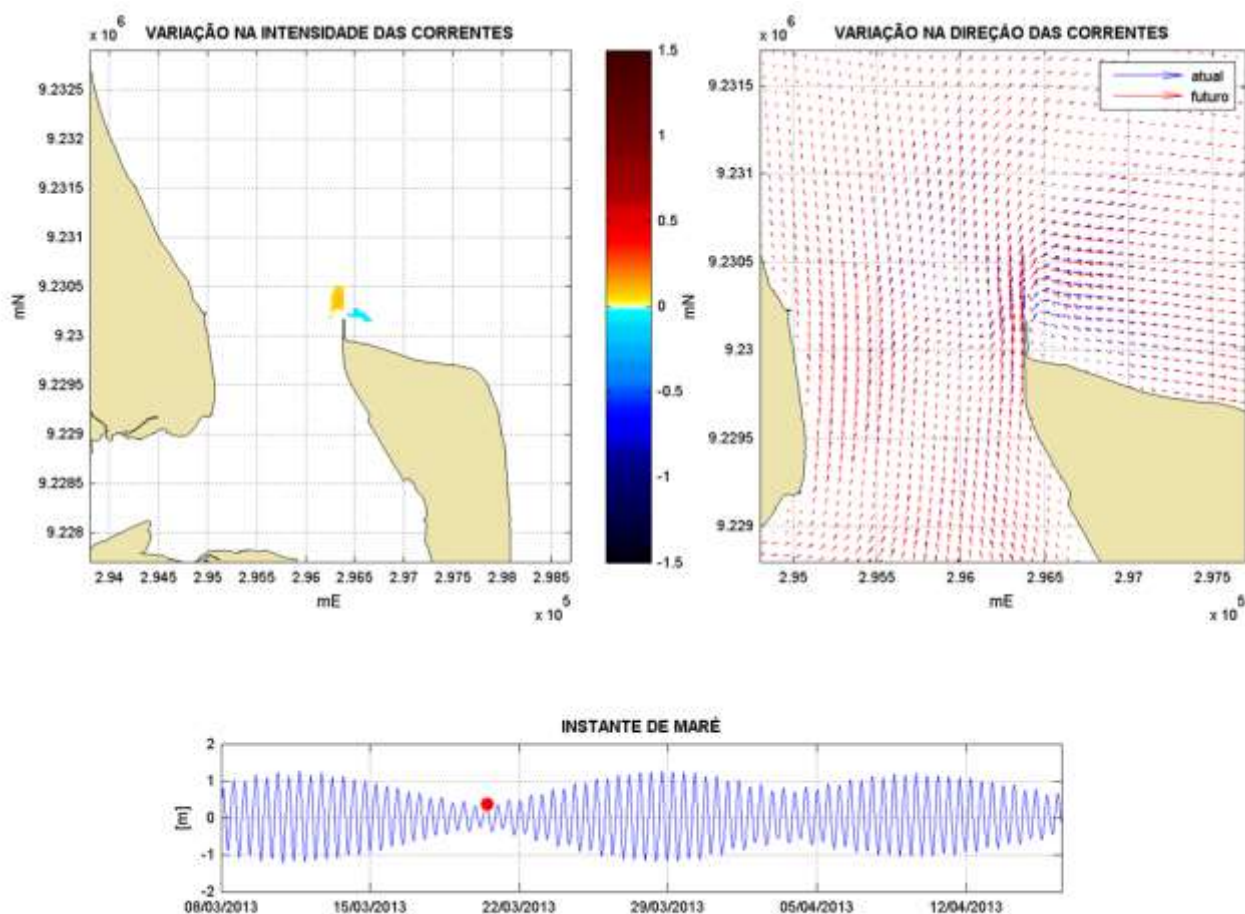


Figura 56: Variação na intensidade (painel superior esquerdo) e direção (painel direito) das correntes geradas pelo prolongamento do molhe em 150 m. Circulação induzida pela ação das marés astronômicas, sem vento e com valores de descarga fluvial média – maré de quadratura, passo de tempo 8.

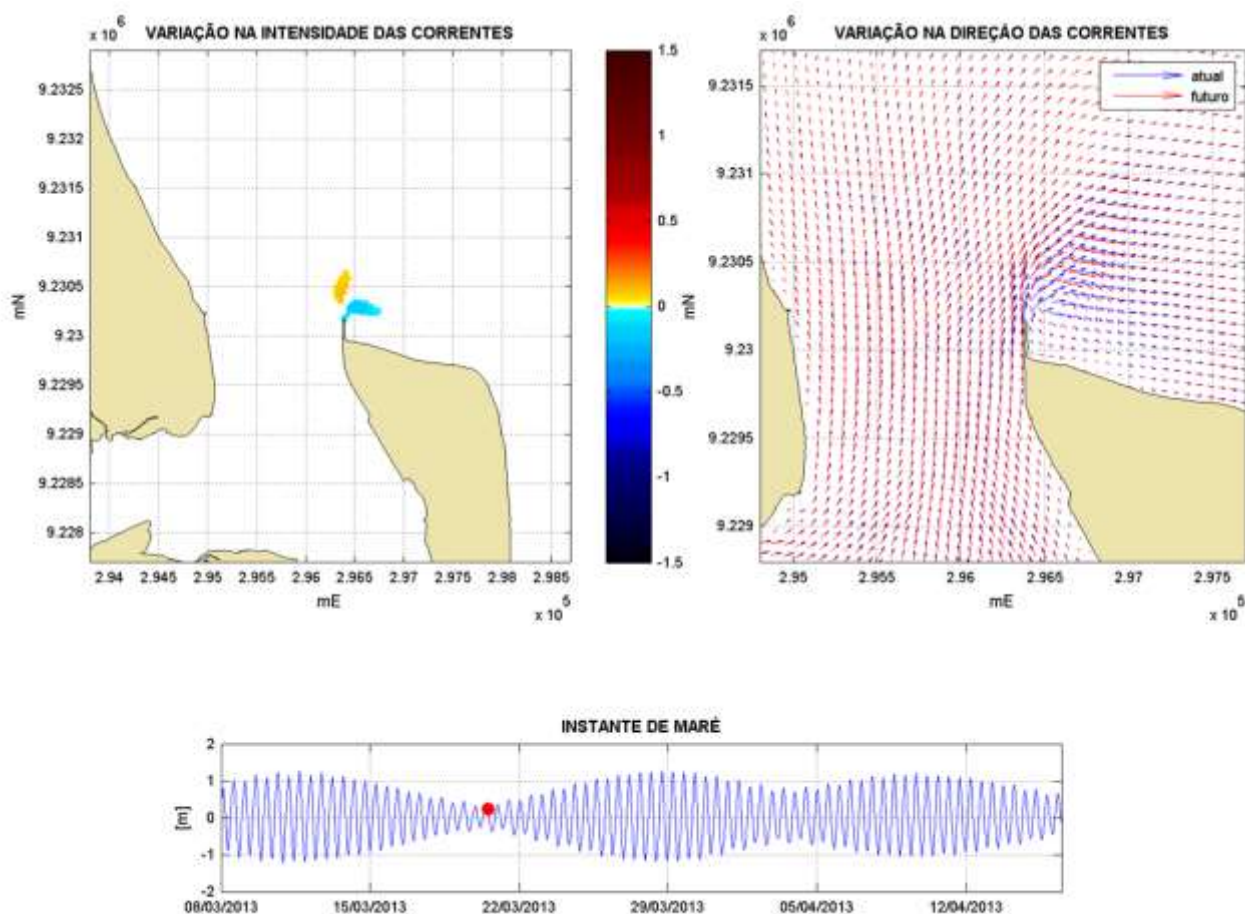


Figura 57: Variação na intensidade (painel superior esquerdo) e direção (painel direito) das correntes geradas pelo prolongamento do molhe em 150 m. Circulação induzida pela ação das marés astronômicas, sem vento e com valores de descarga fluvial média – maré de quadratura, passo de tempo 9.

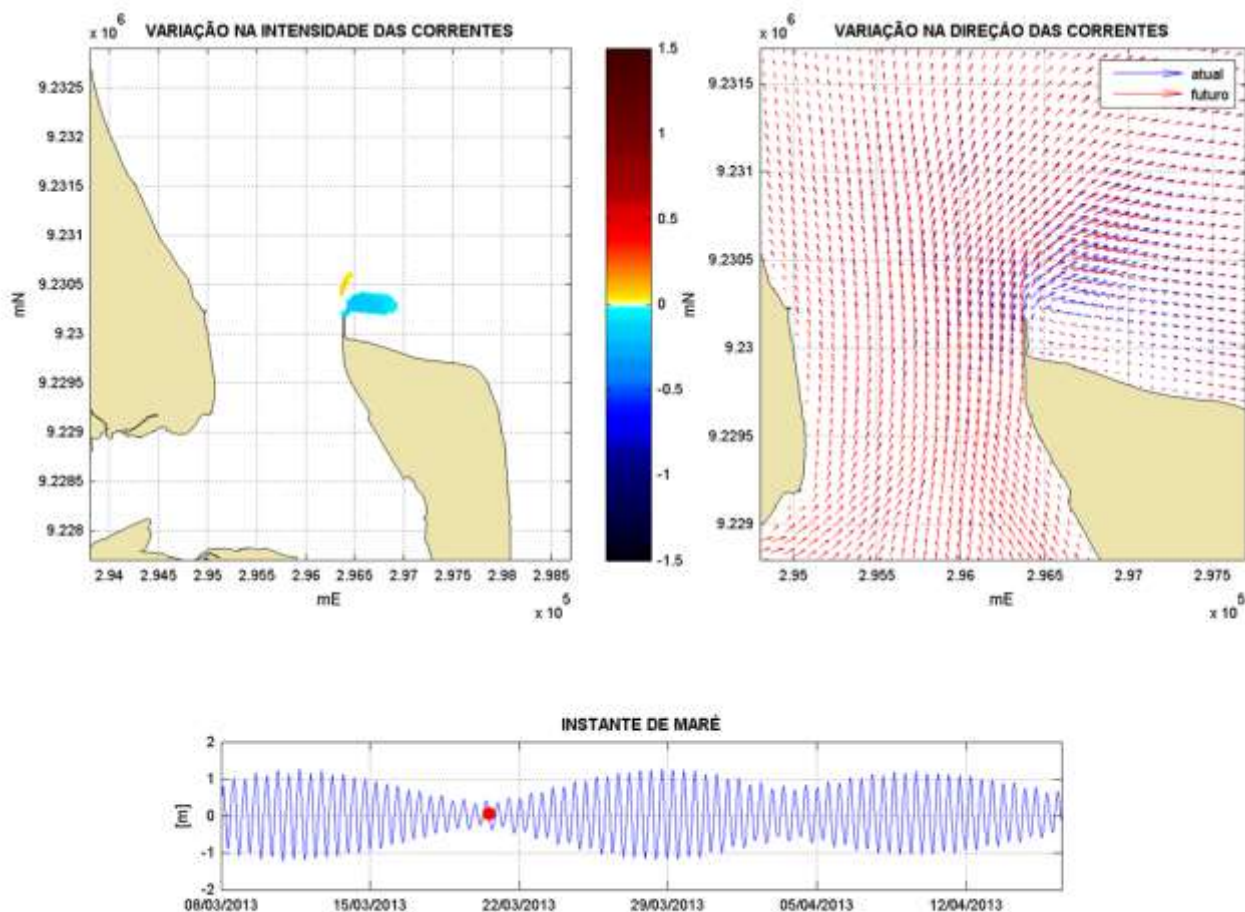


Figura 58: Variação na intensidade (painel superior esquerdo) e direção (painel direito) das correntes geradas pelo prolongamento do molhe em 150 m. Circulação induzida pela ação das marés astronômicas, sem vento e com valores de descarga fluvial média – maré de quadratura, passo de tempo 10.

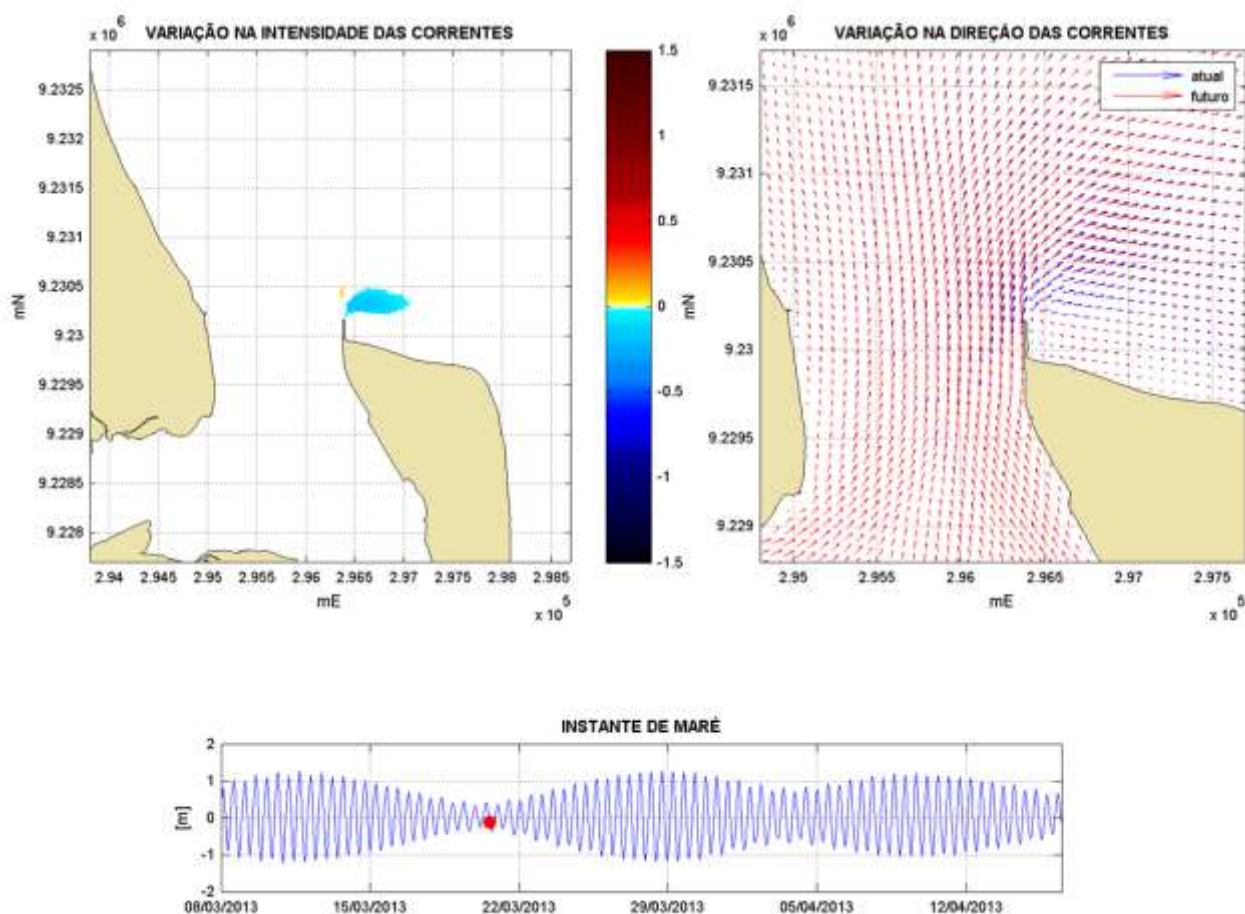


Figura 59: Variação na intensidade (painel superior esquerdo) e direção (painel direito) das correntes geradas pelo prolongamento do molhe em 150 m. Circulação induzida pela ação das marés astronômicas, sem vento e com valores de descarga fluvial média – maré de quadratura, passo de tempo 11.

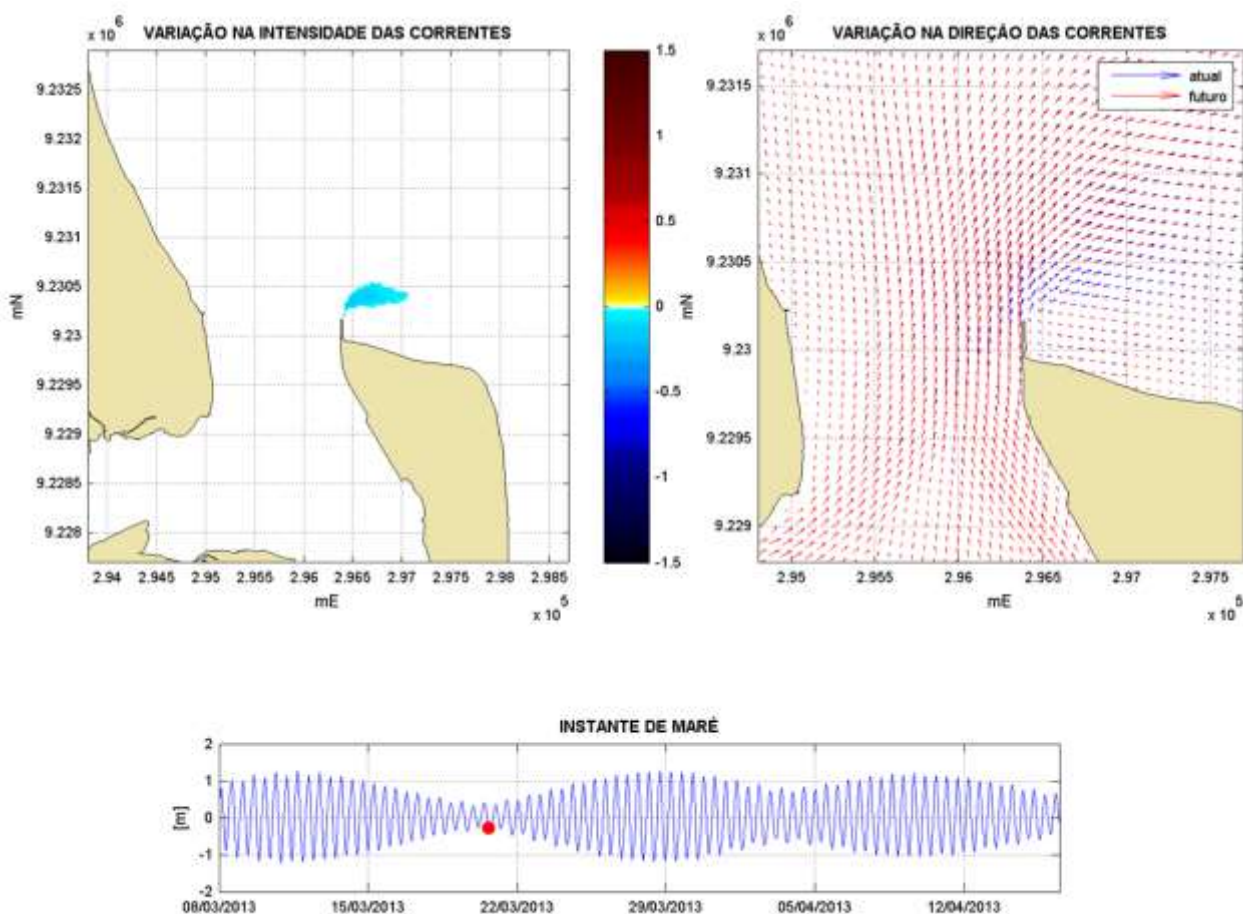


Figura 60: Variação na intensidade (painel superior esquerdo) e direção (painel direito) das correntes geradas pelo prolongamento do molhe em 150 m. Circulação induzida pela ação das marés astronômicas, sem vento e com valores de descarga fluvial média – maré de quadratura, passo de tempo 12.

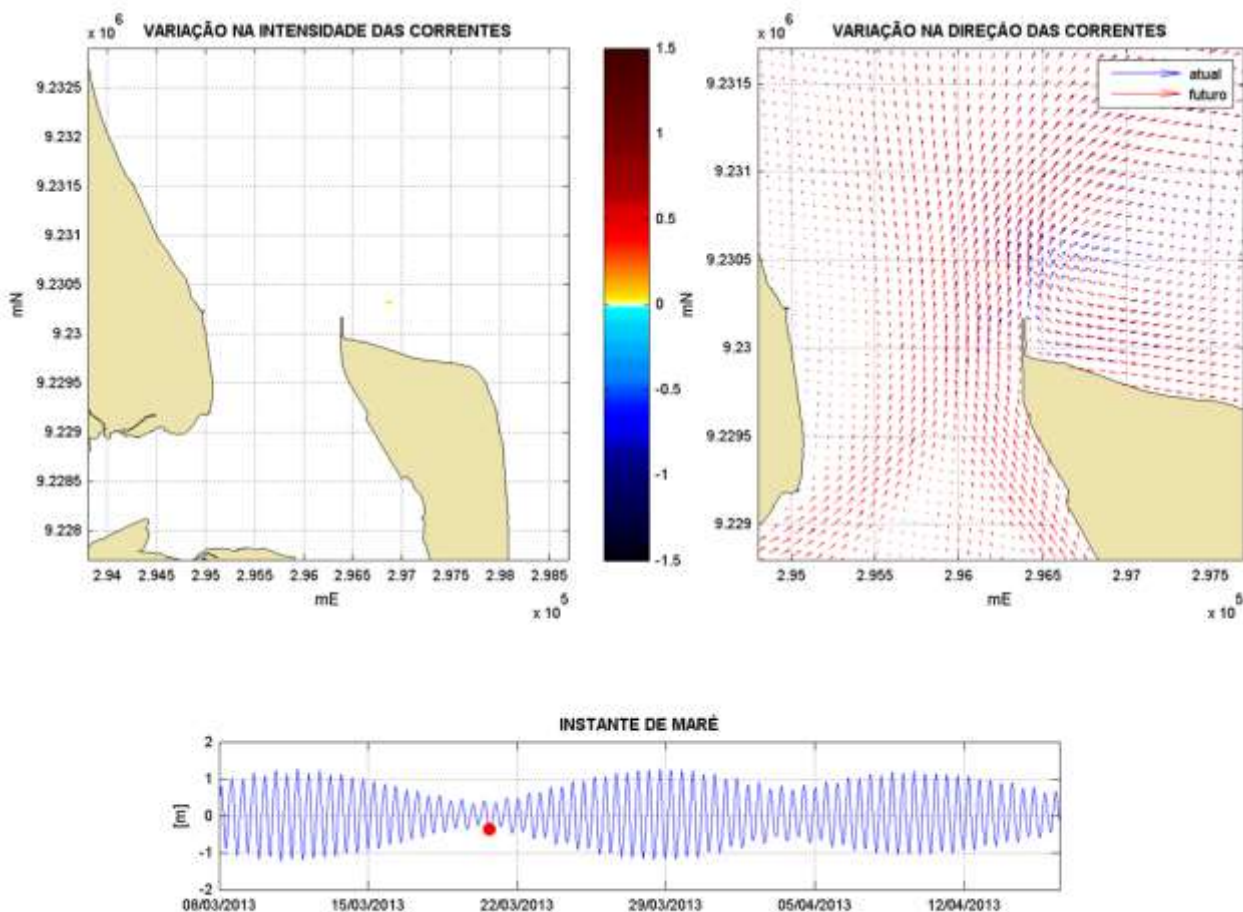


Figura 61: Variação na intensidade (painel superior esquerdo) e direção (painel direito) das correntes geradas pelo prolongamento do molhe em 150 m. Circulação induzida pela ação das marés astronômicas, sem vento e com valores de descarga fluvial média – maré de quadratura, passo de tempo 13.

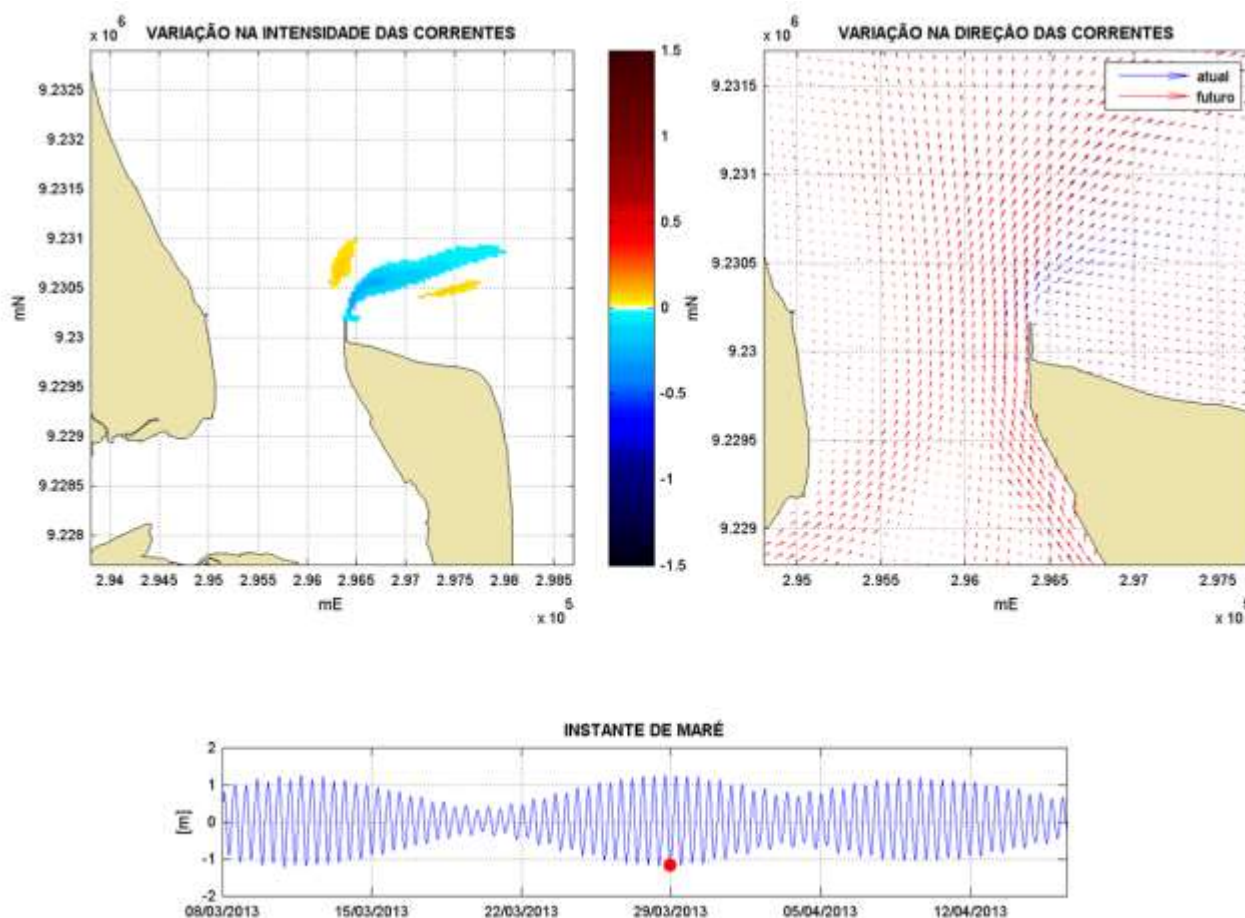


Figura 62: Variação na intensidade (painel superior esquerdo) e direção (painel direito) das correntes geradas pelo prolongamento do molhe em 150 m. Circulação induzida pela ação das marés astronômicas, sem vento e com valores de descarga fluvial média – maré de sizígia, passo de tempo 1.

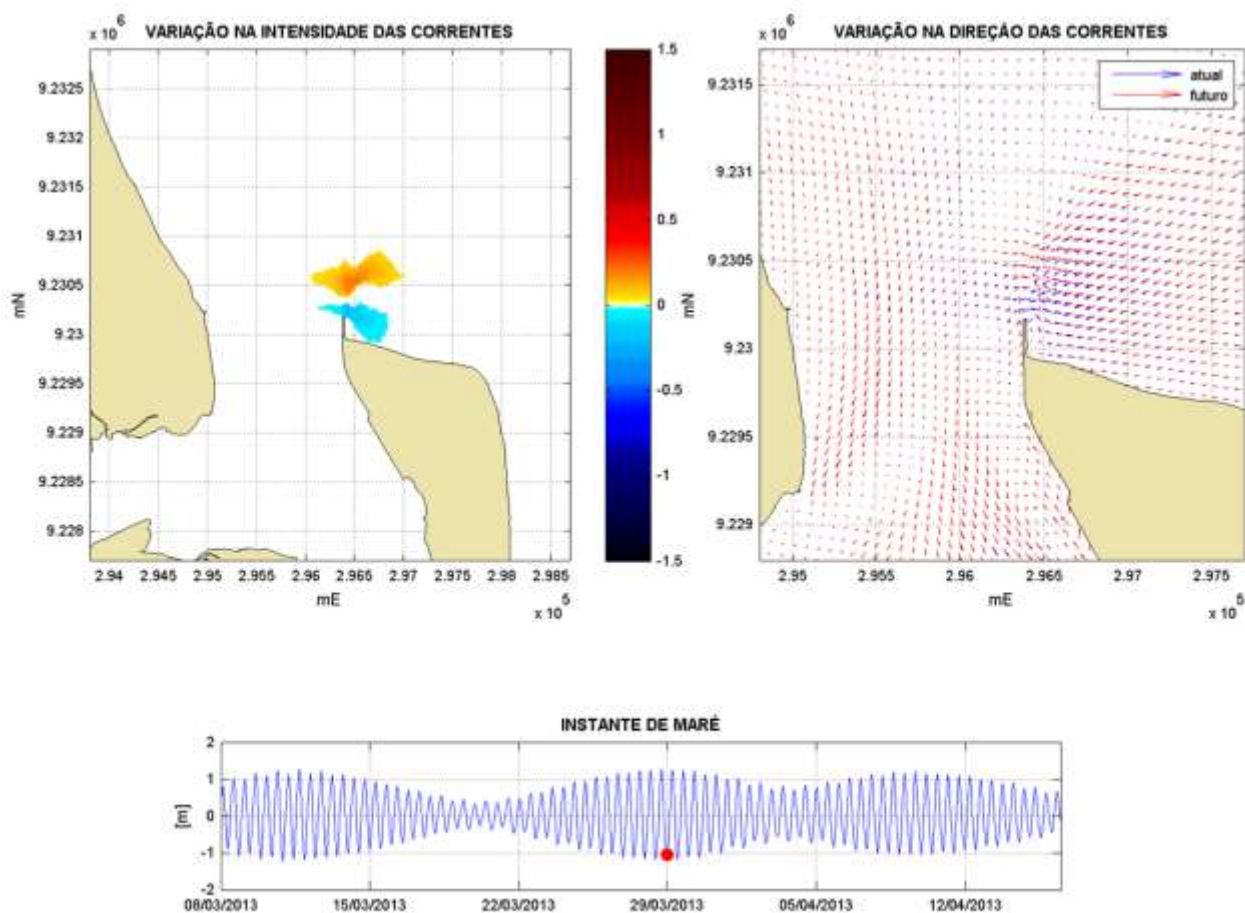


Figura 63: Variação na intensidade (painel superior esquerdo) e direção (painel direito) das correntes geradas pelo prolongamento do molhe em 150 m. Circulação induzida pela ação das marés astronômicas, sem vento e com valores de descarga fluvial média – maré de sizígia, passo de tempo 2.

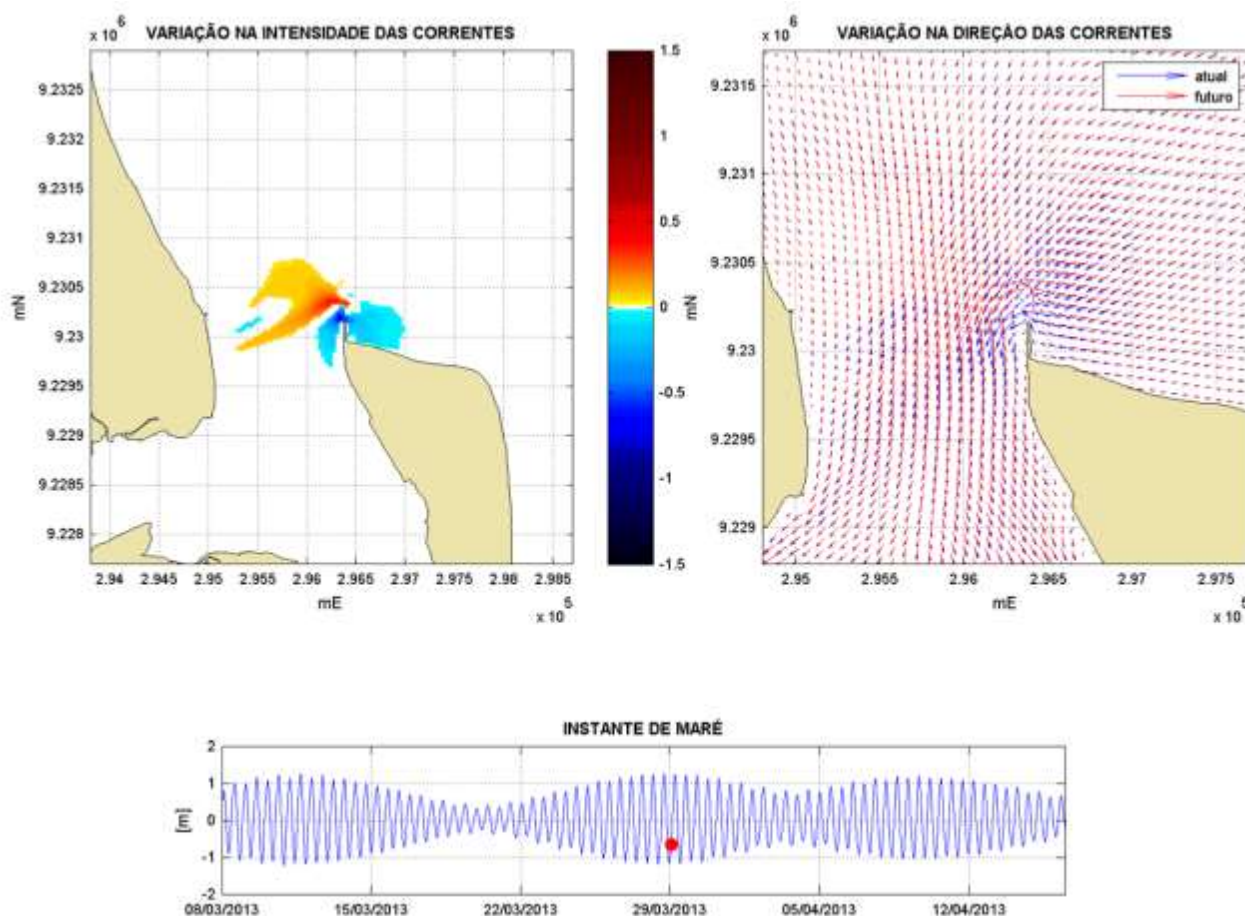


Figura 64: Variação na intensidade (painel superior esquerdo) e direção (painel direito) das correntes geradas pelo prolongamento do molhe em 150 m. Circulação induzida pela ação das marés astronômicas, sem vento e com valores de descarga fluvial média – maré de sizígia, passo de tempo 3.

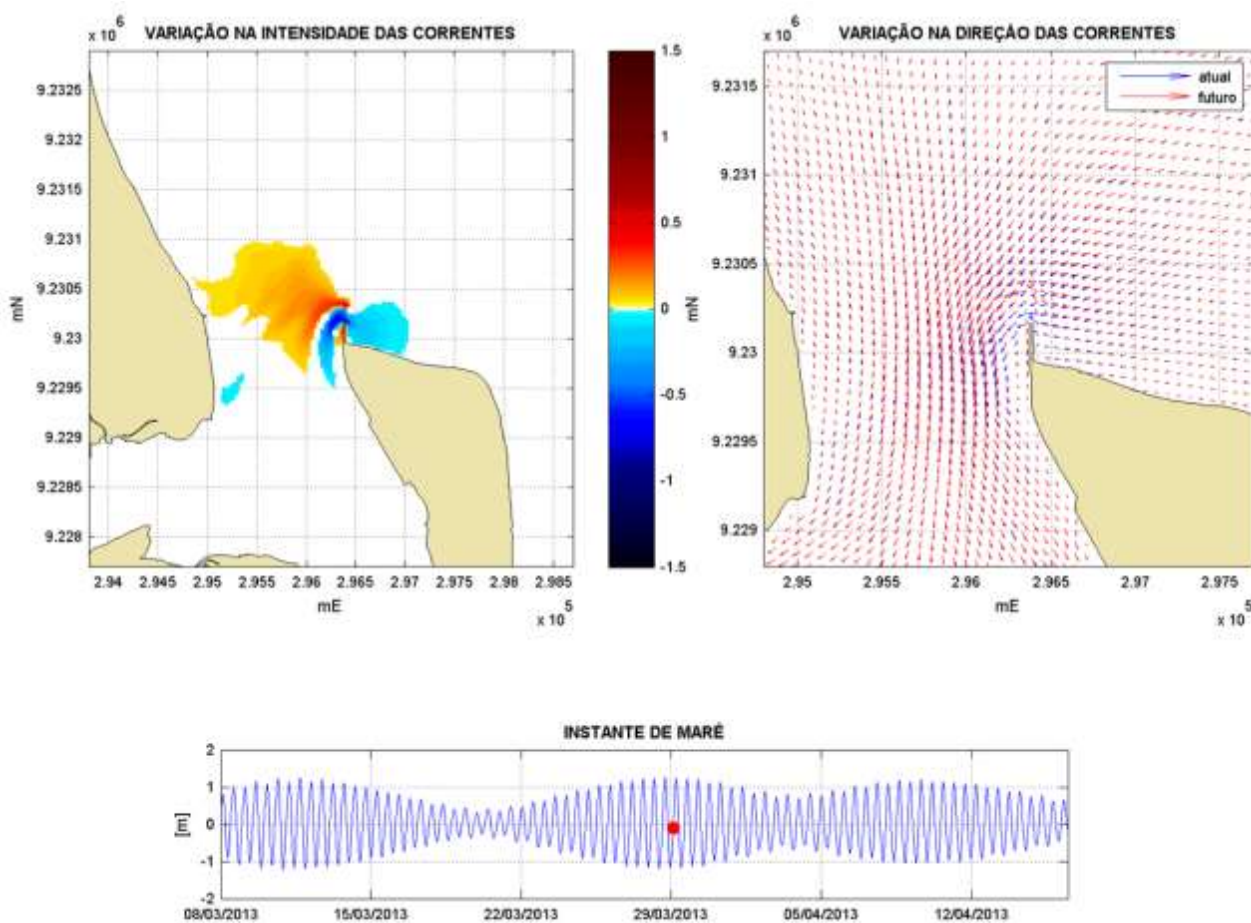


Figura 65: Variação na intensidade (painel superior esquerdo) e direção (painel direito) das correntes geradas pelo prolongamento do molhe em 150 m. Circulação induzida pela ação das marés astronômicas, sem vento e com valores de descarga fluvial média – maré de sizígia, passo de tempo 4.

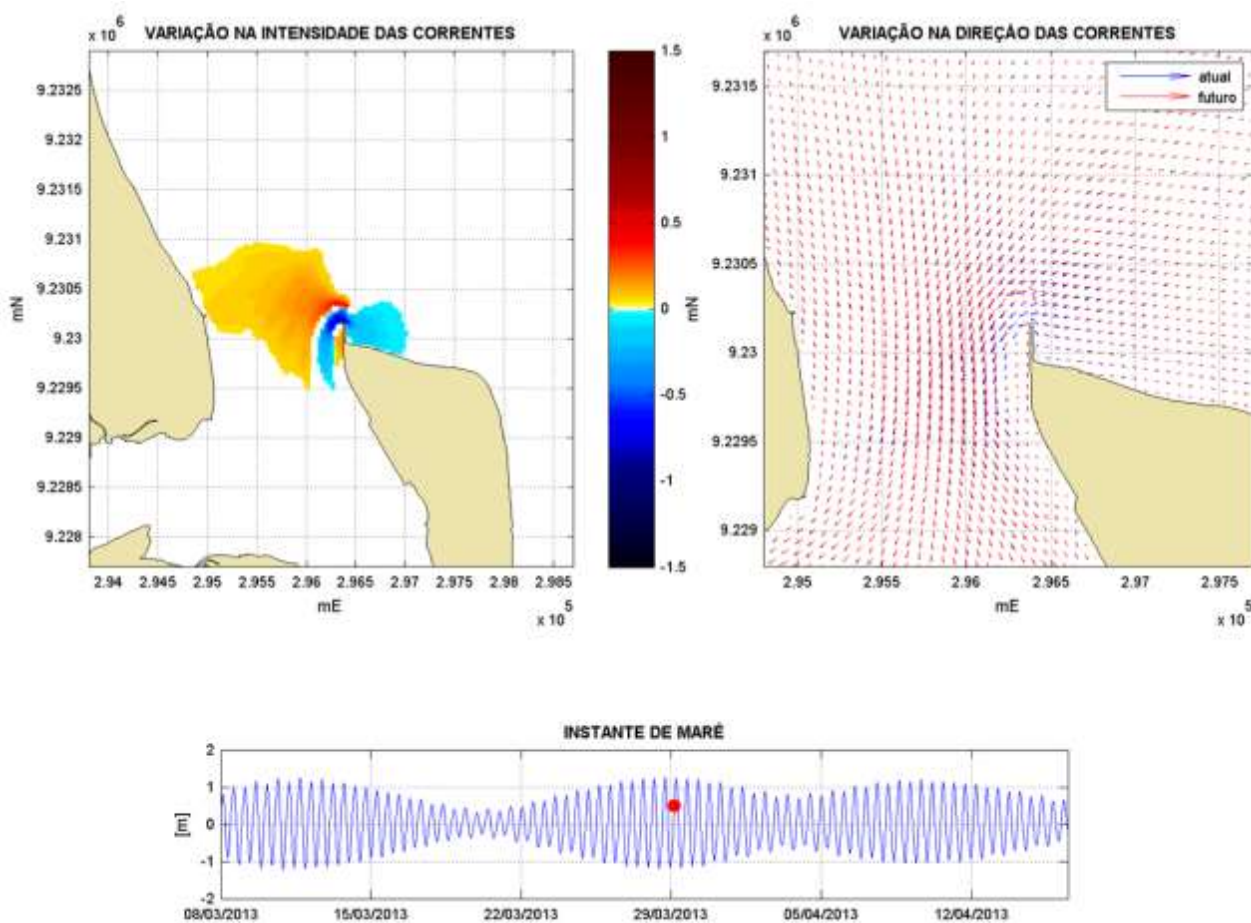


Figura 66: Variação na intensidade (painel superior esquerdo) e direção (painel direito) das correntes geradas pelo prolongamento do molhe em 150 m. Circulação induzida pela ação das marés astronômicas, sem vento e com valores de descarga fluvial média – maré de sizígia, passo de tempo 5.

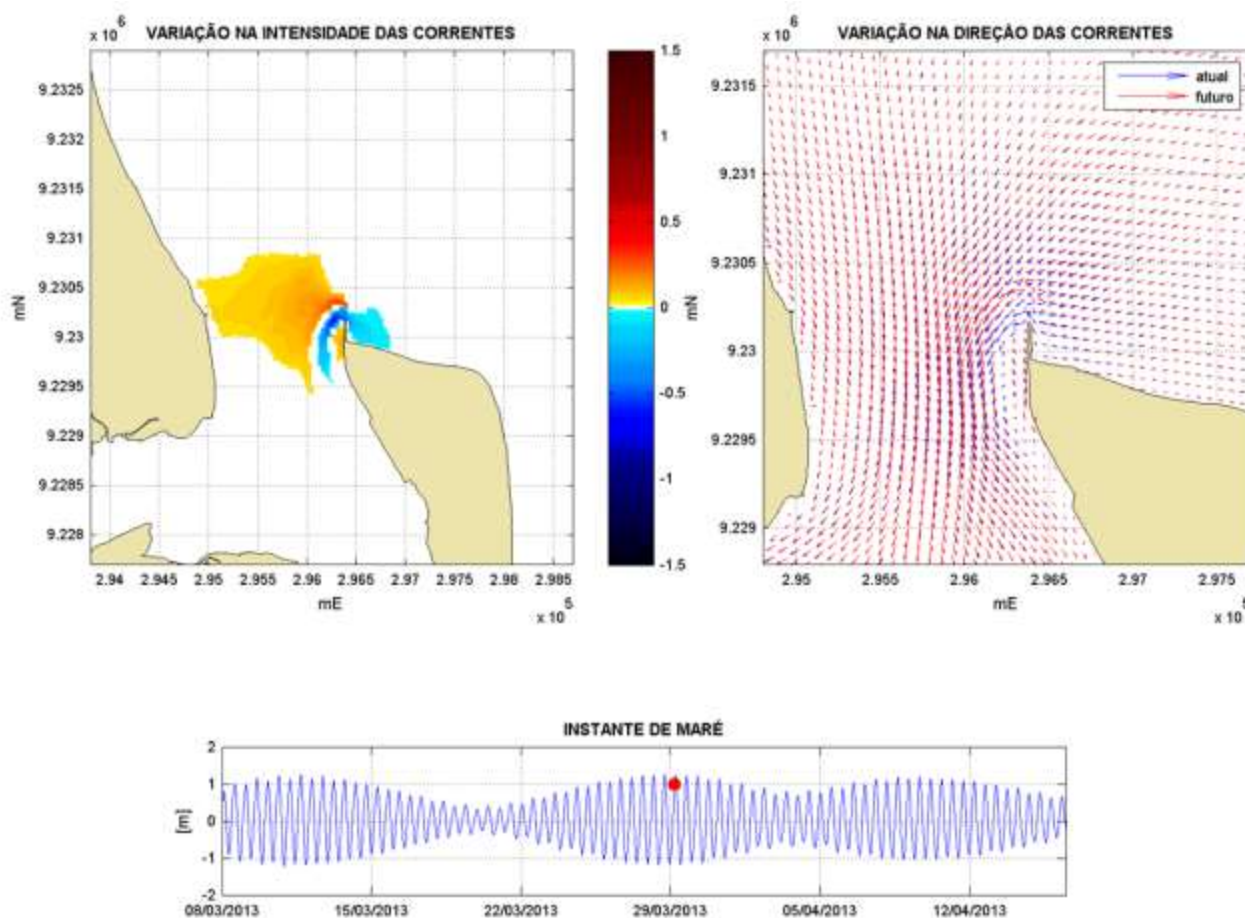


Figura 67: Variação na intensidade (painel superior esquerdo) e direção (painel direito) das correntes geradas pelo prolongamento do molhe em 150 m. Circulação induzida pela ação das marés astronômicas, sem vento e com valores de descarga fluvial média – maré de sizígia, passo de tempo 6.

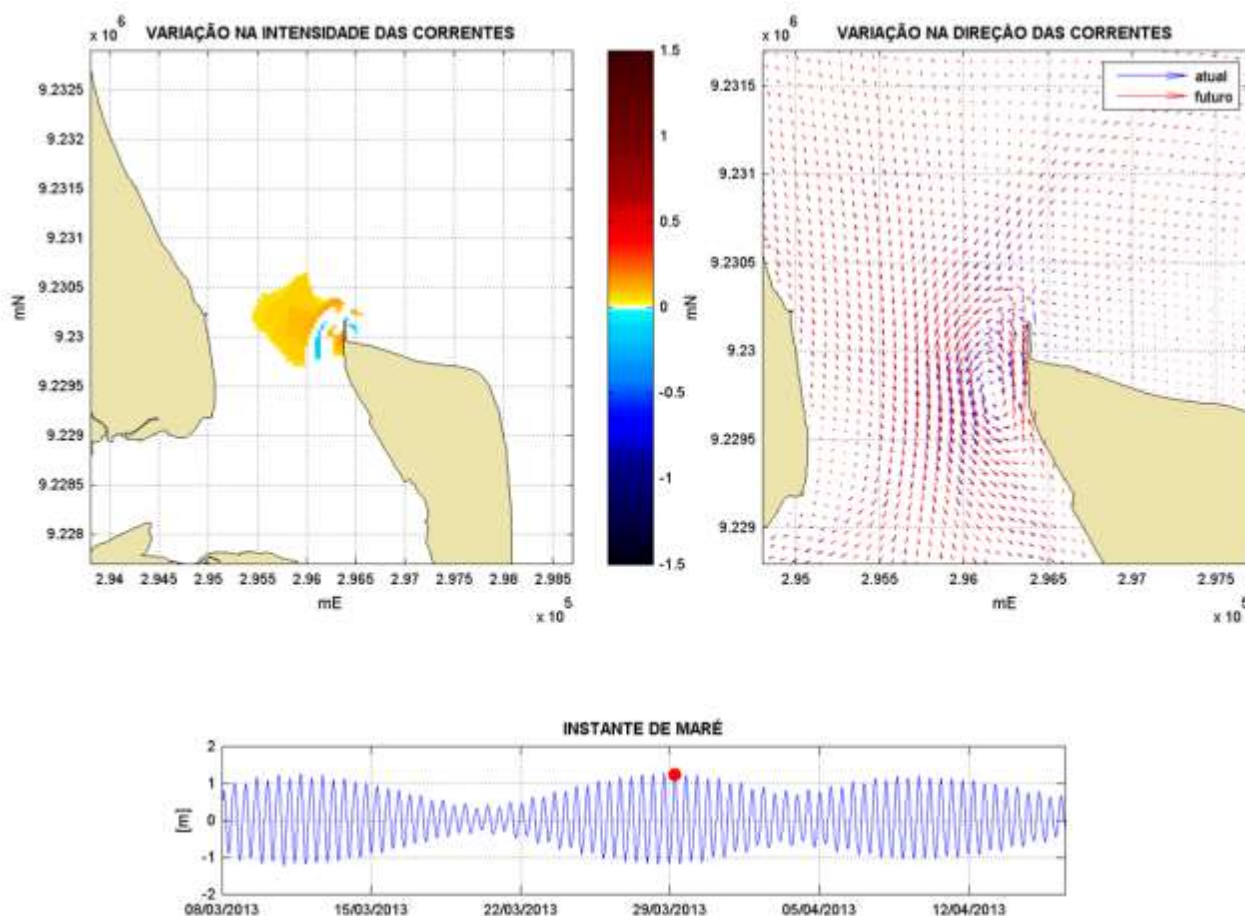


Figura 68: Variação na intensidade (painel superior esquerdo) e direção (painel direito) das correntes geradas pelo prolongamento do molhe em 150 m. Circulação induzida pela ação das marés astronômicas, sem vento e com valores de descarga fluvial média – maré de sizígia, passo de tempo 7.

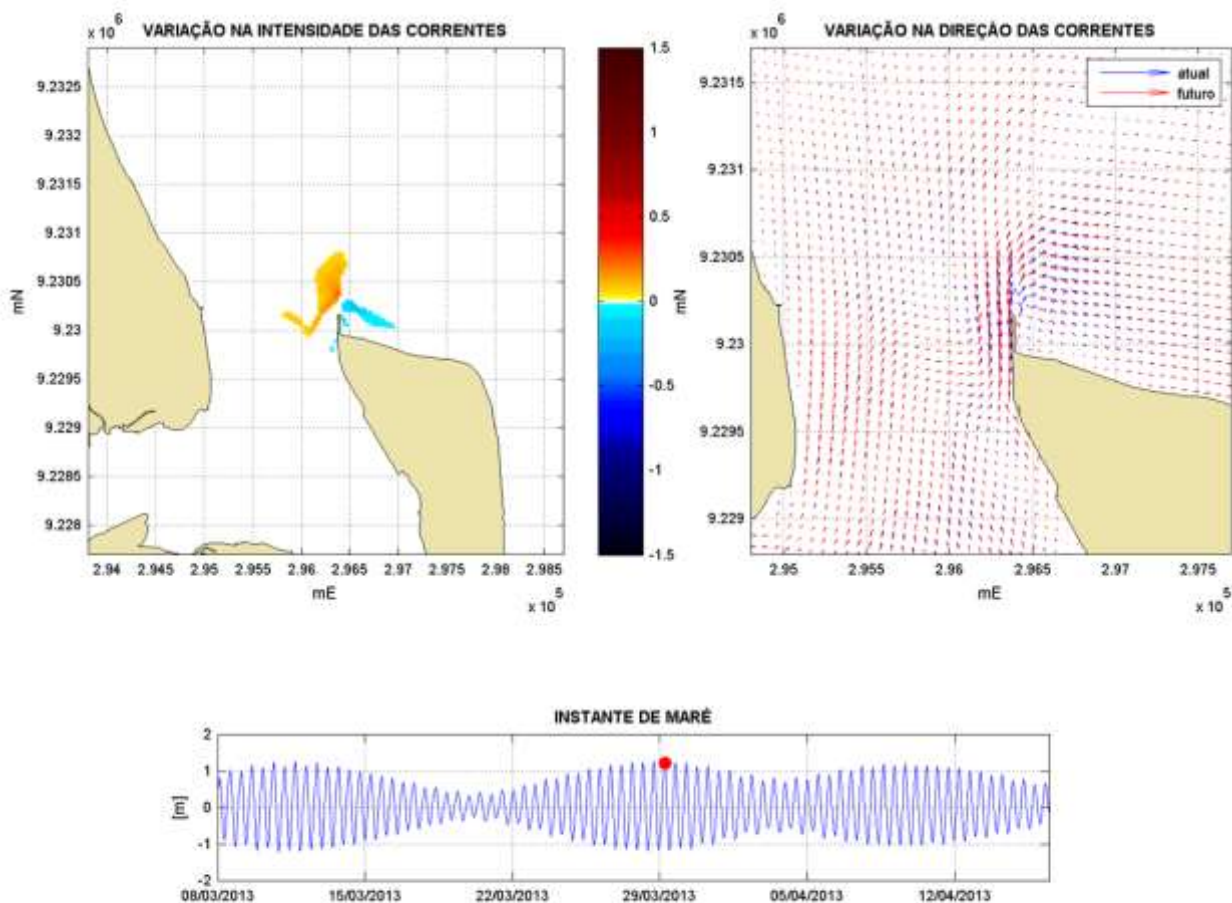


Figura 69: Variação na intensidade (painel superior esquerdo) e direção (painel direito) das correntes geradas pelo prolongamento do molhe em 150 m. Circulação induzida pela ação das marés astronômicas, sem vento e com valores de descarga fluvial média – maré de sizígia, passo de tempo 8.



EICOMNOR ENGENHARIA

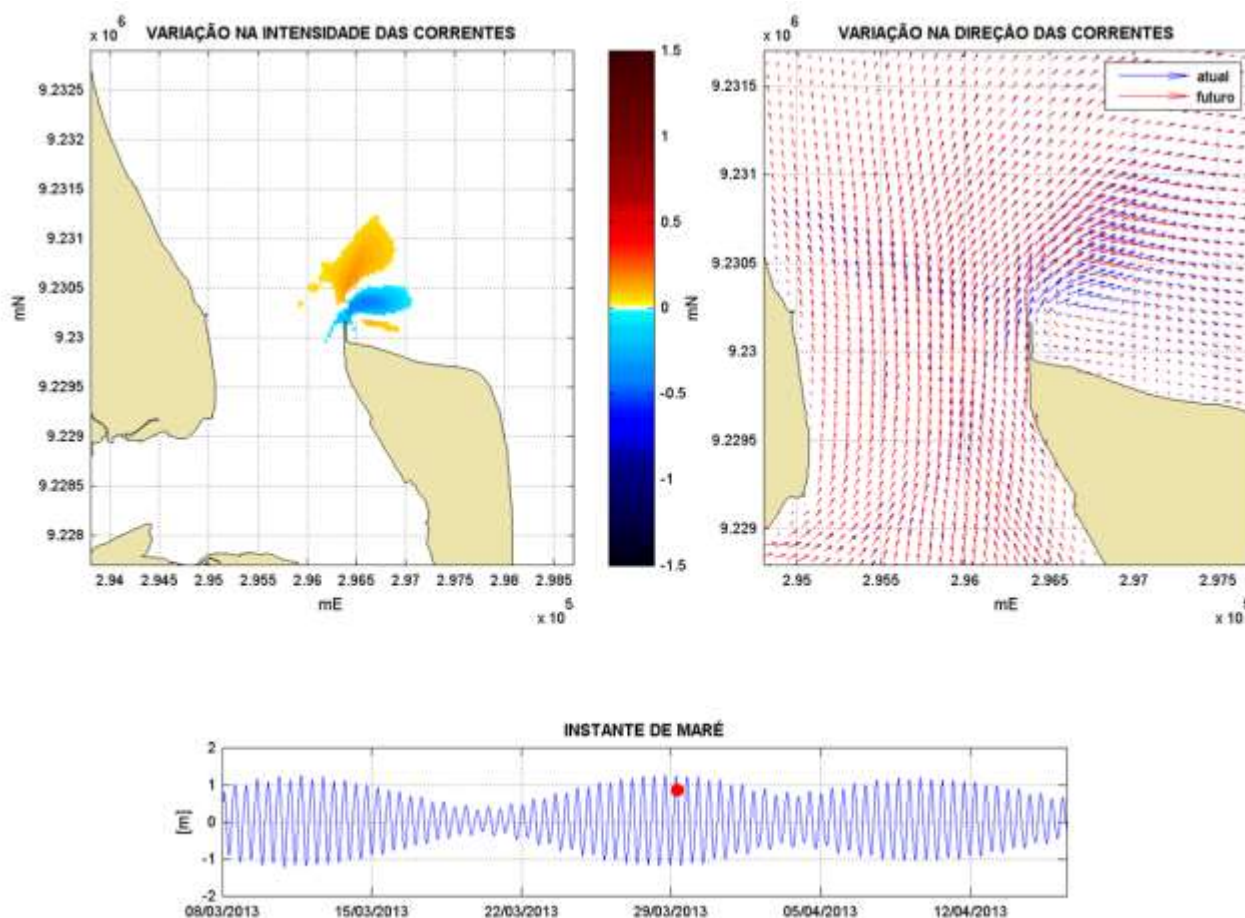


Figura 70: Variação na intensidade (painel superior esquerdo) e direção (painel direito) das correntes geradas pelo prolongamento do molhe em 150 m. Circulação induzida pela ação das marés astronômicas, sem vento e com valores de descarga fluvial média – maré de sizígia, passo de tempo 9.

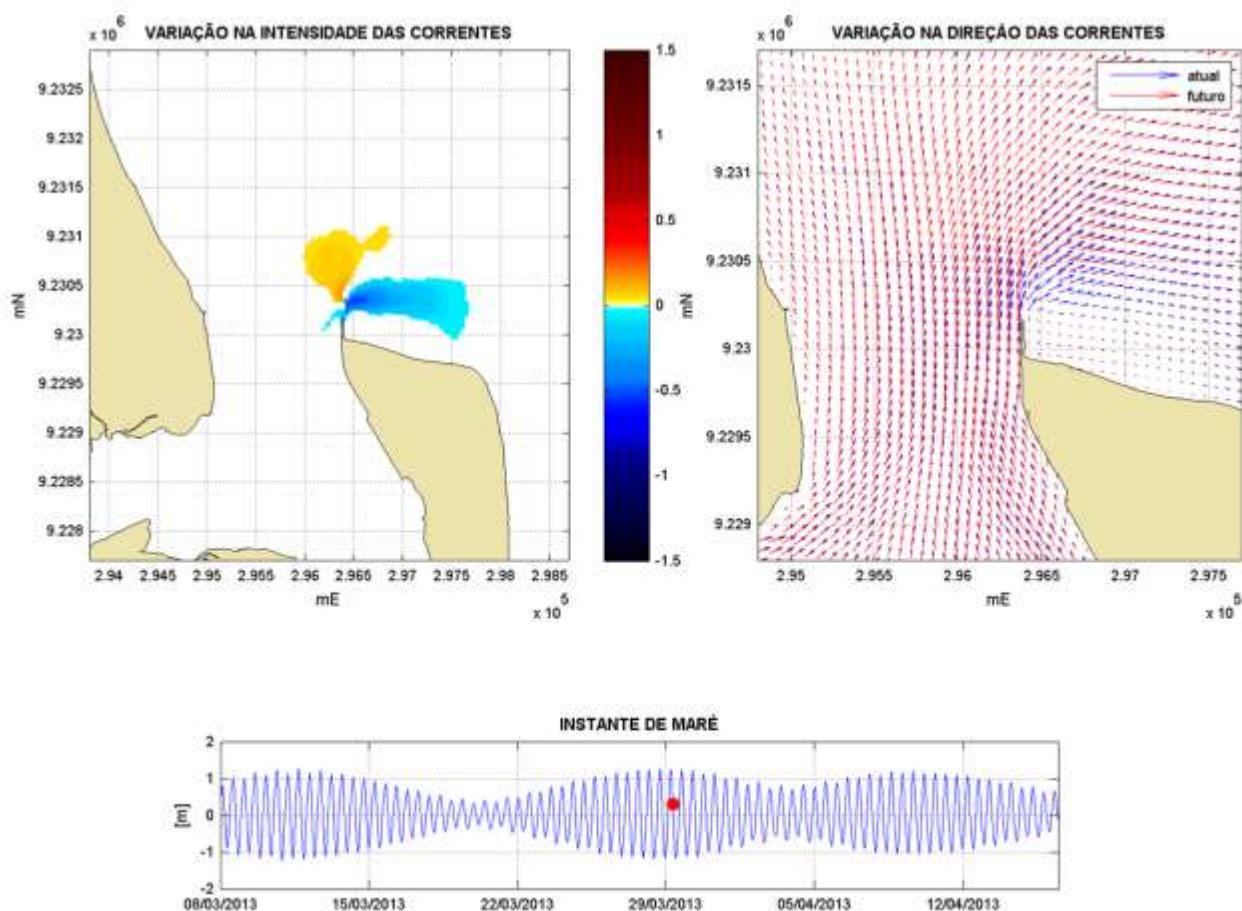


Figura 71: Variação na intensidade (painel superior esquerdo) e direção (painel direito) das correntes geradas pelo prolongamento do molhe em 150 m. Circulação induzida pela ação das marés astronômicas, sem vento e com valores de descarga fluvial média – maré de sizígia, passo de tempo 10.

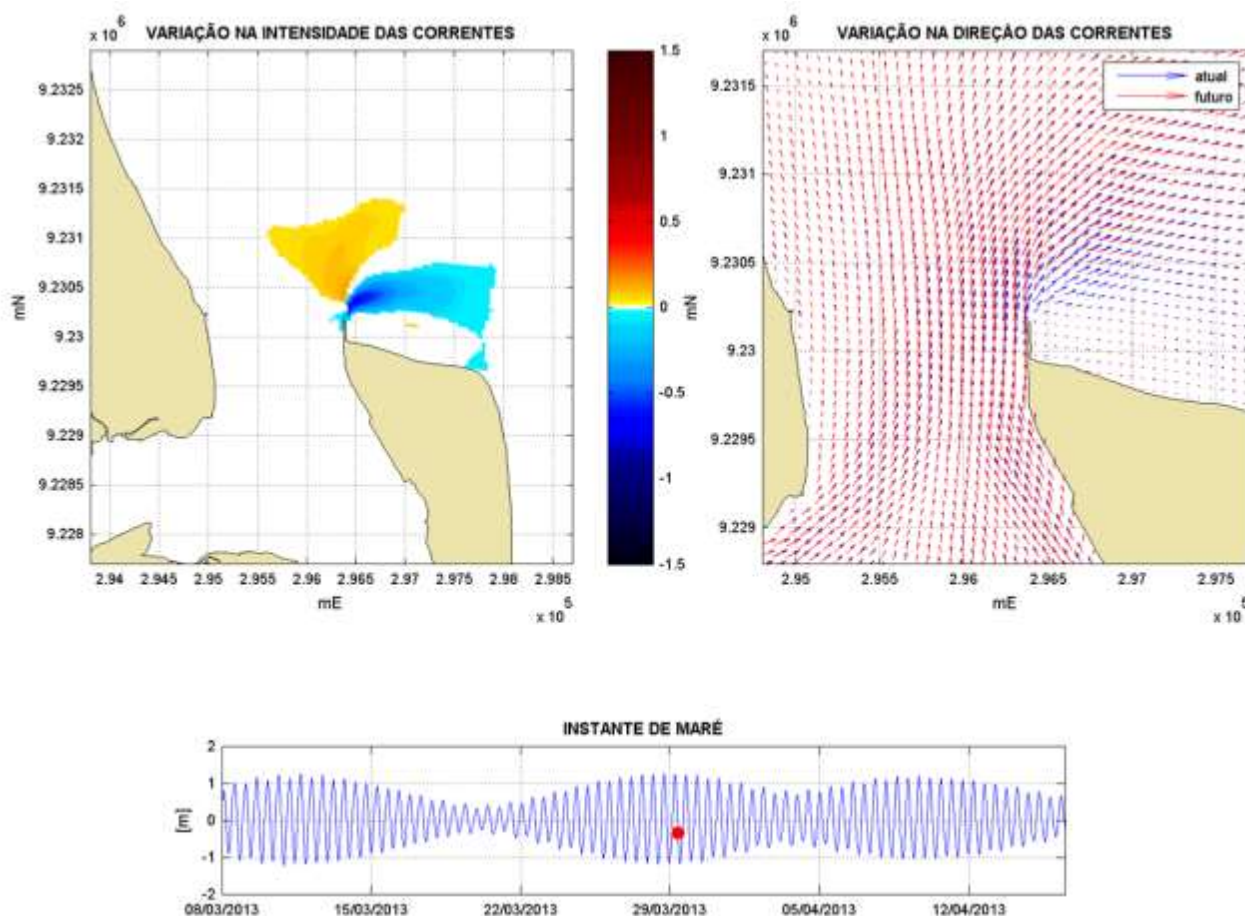


Figura 72: Variação na intensidade (painel superior esquerdo) e direção (painel direito) das correntes geradas pelo prolongamento do molhe em 150 m. Circulação induzida pela ação das marés astronômicas, sem vento e com valores de descarga fluvial média – maré de sizígia, passo de tempo 11.

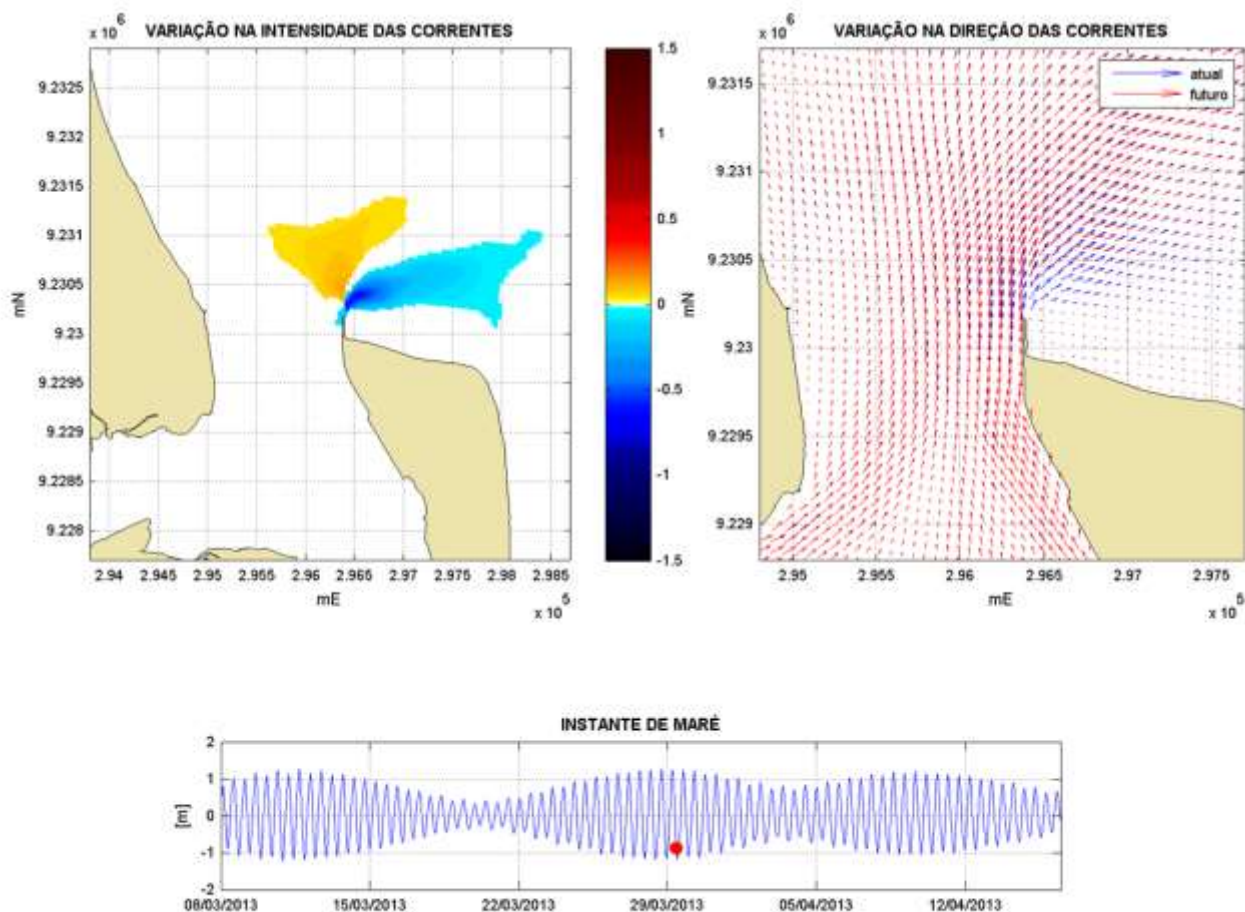


Figura 73: Variação na intensidade (painel superior esquerdo) e direção (painel direito) das correntes geradas pelo prolongamento do molhe em 150 m. Circulação induzida pela ação das marés astronômicas, sem vento e com valores de descarga fluvial média – maré de sizígia, passo de tempo 12.

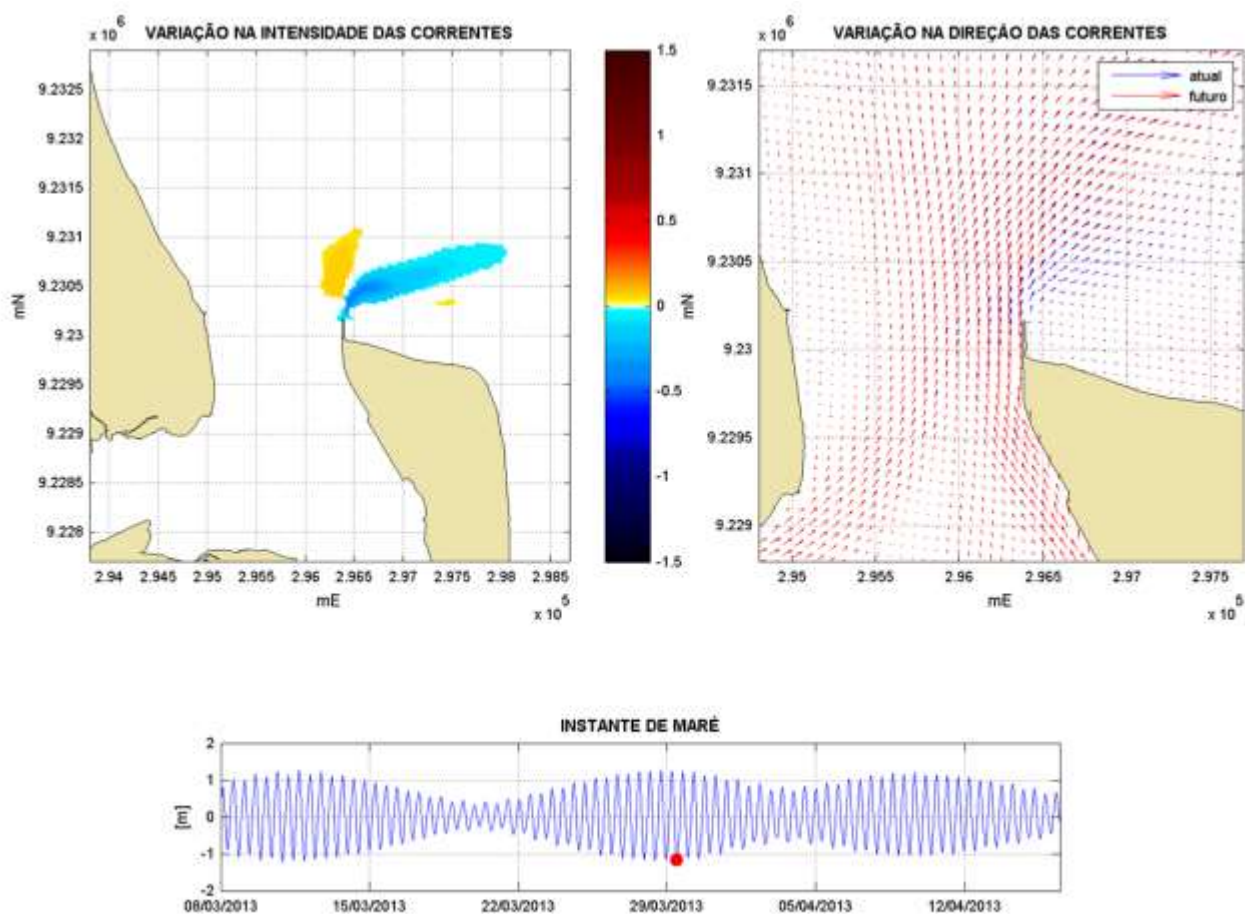


Figura 74: Variação na intensidade (painel superior esquerdo) e direção (painel direito) das correntes geradas pelo prolongamento do molhe em 150 m. Circulação induzida pela ação das marés astronômicas, sem vento e com valores de descarga fluvial média – maré de sizígia, passo de tempo 13.

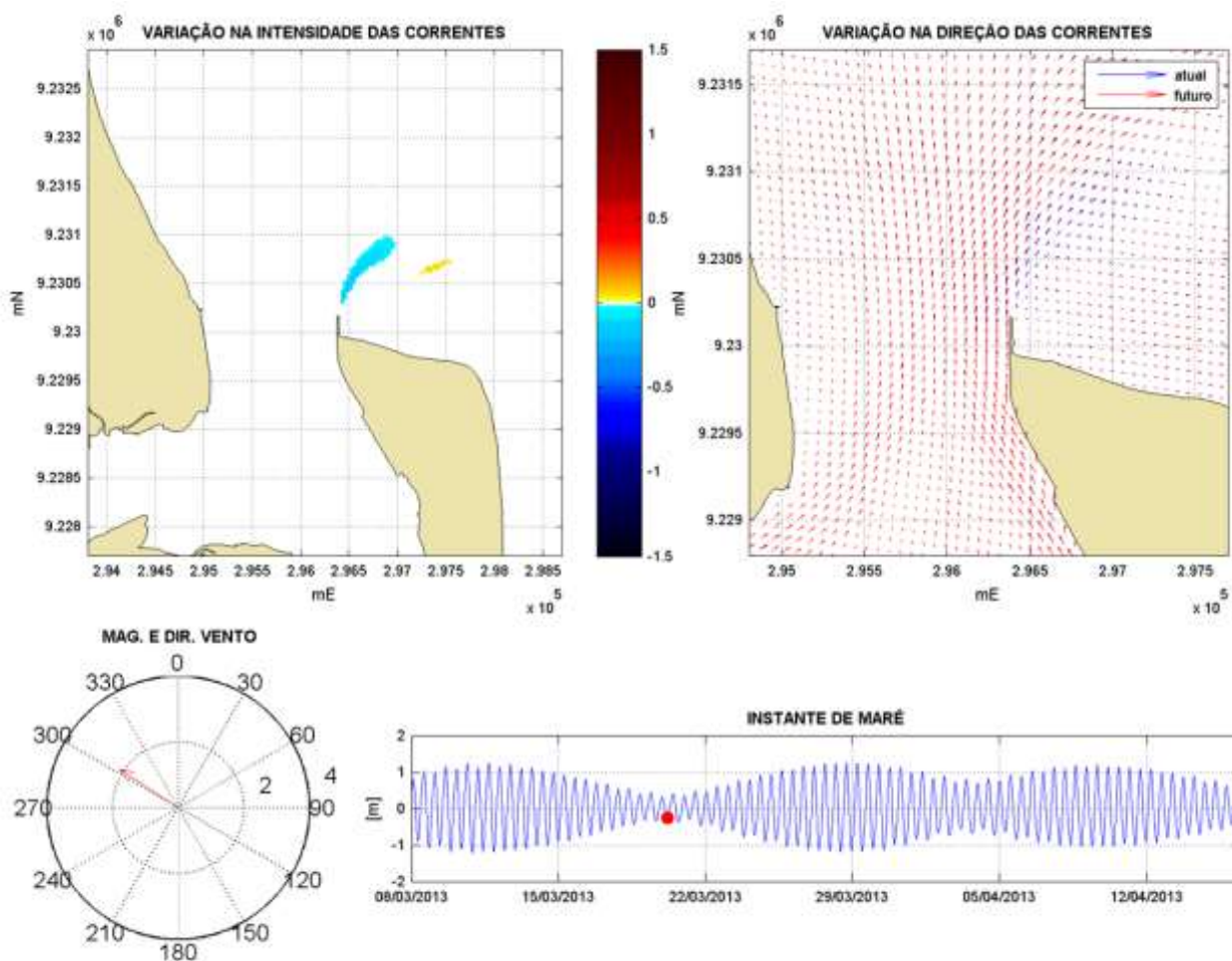


Figura 75: Variação na intensidade (painel superior esquerdo) e direção (painel direito) das correntes geradas pelo prolongamento do molhe em 150 m. Circulação induzida pela ação combinada das marés astronômicas, vento e alta descarga fluvial – maré de quadratura, passo de tempo 1.

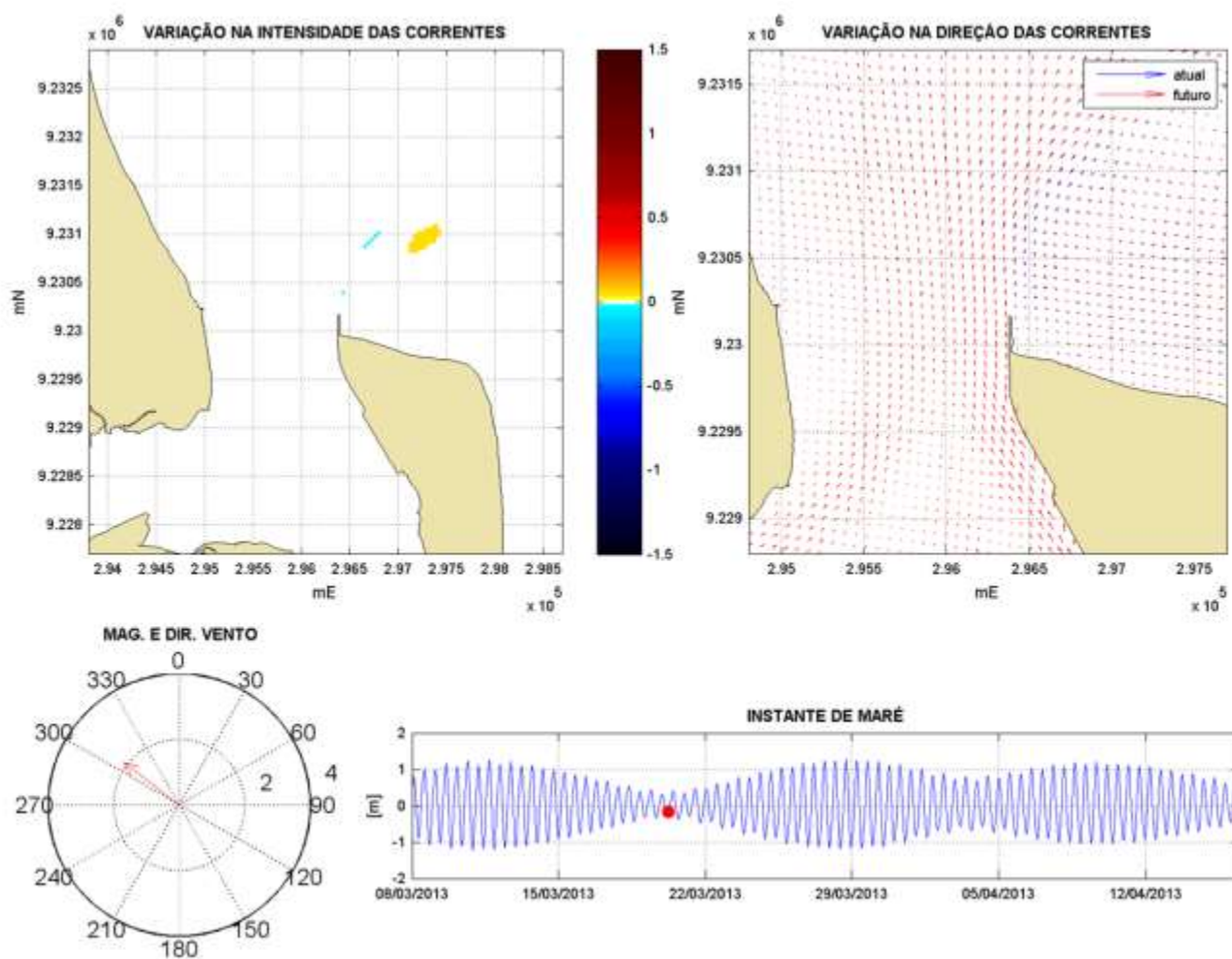


Figura 76: Variação na intensidade (painel superior esquerdo) e direção (painel direito) das correntes geradas pelo prolongamento do molhe em 150 m. Circulação induzida pela ação combinada das marés astronômicas, vento e alta descarga fluvial – maré de quadratura, passo de tempo 2.

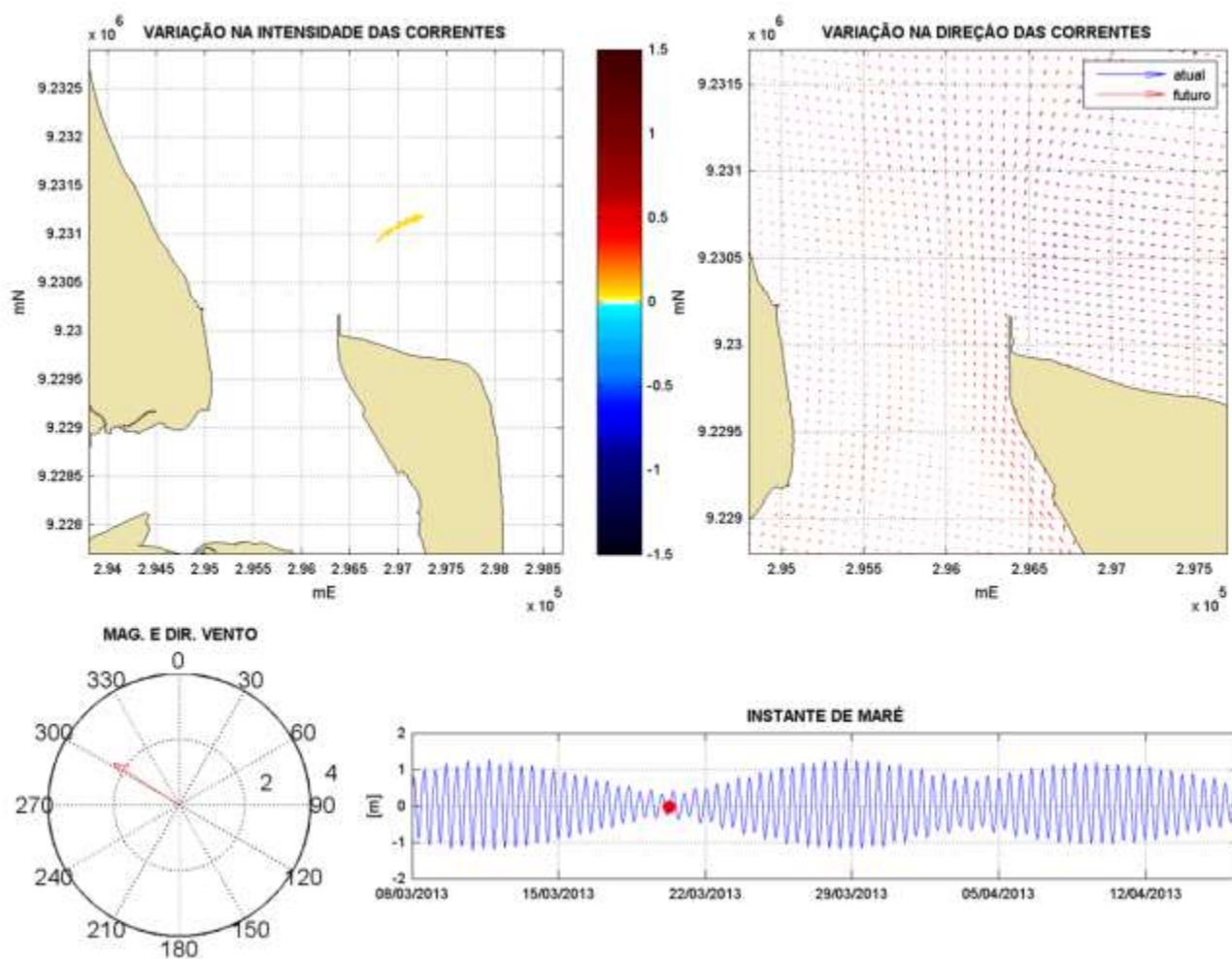


Figura 77: Variação na intensidade (painel superior esquerdo) e direção (painel direito) das correntes geradas pelo prolongamento do molhe em 150 m. Circulação induzida pela ação combinada das marés astronômicas, vento e alta descarga fluvial – maré de quadratura, passo de tempo 3.

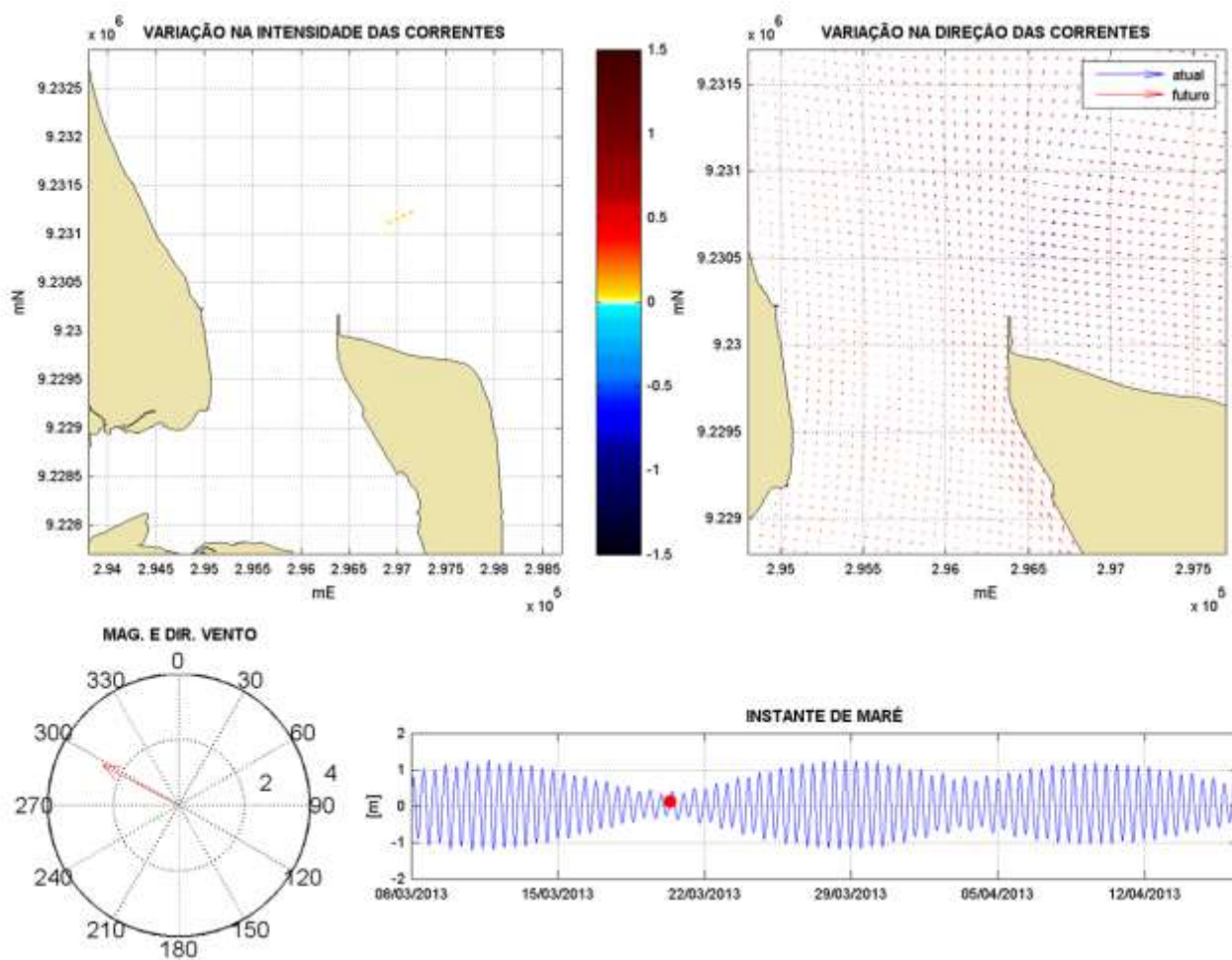


Figura 78: Variação na intensidade (painel superior esquerdo) e direção (painel direito) das correntes geradas pelo prolongamento do molhe em 150 m. Circulação induzida pela ação combinada das marés astronômicas, vento e alta descarga fluvial – maré de quadratura, passo de tempo 4.

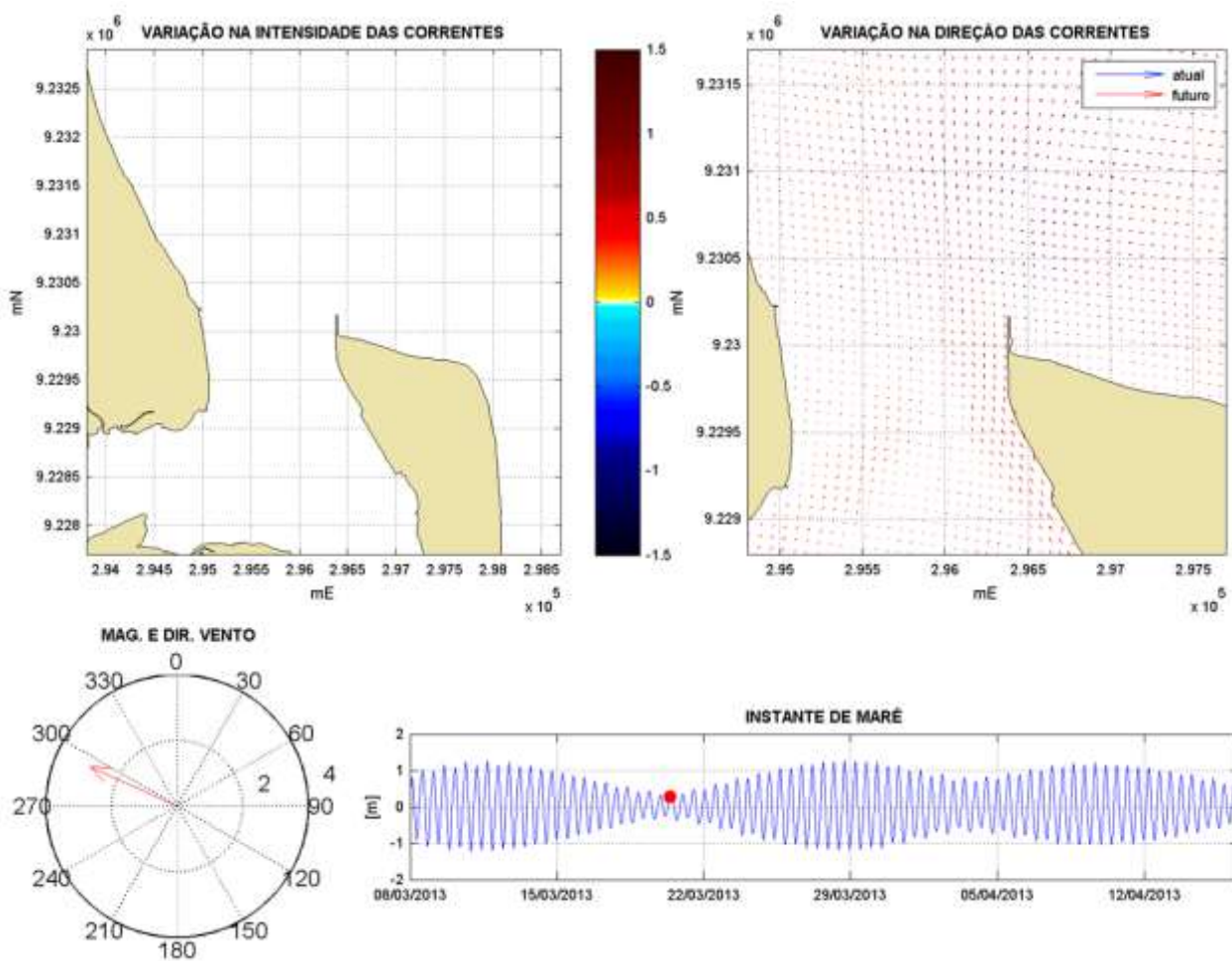


Figura 79: Variação na intensidade (painel superior esquerdo) e direção (painel direito) das correntes geradas pelo prolongamento do molhe em 150 m. Circulação induzida pela ação combinada das marés astronômicas, vento e alta descarga fluvial – maré de quadratura, passo de tempo 5.

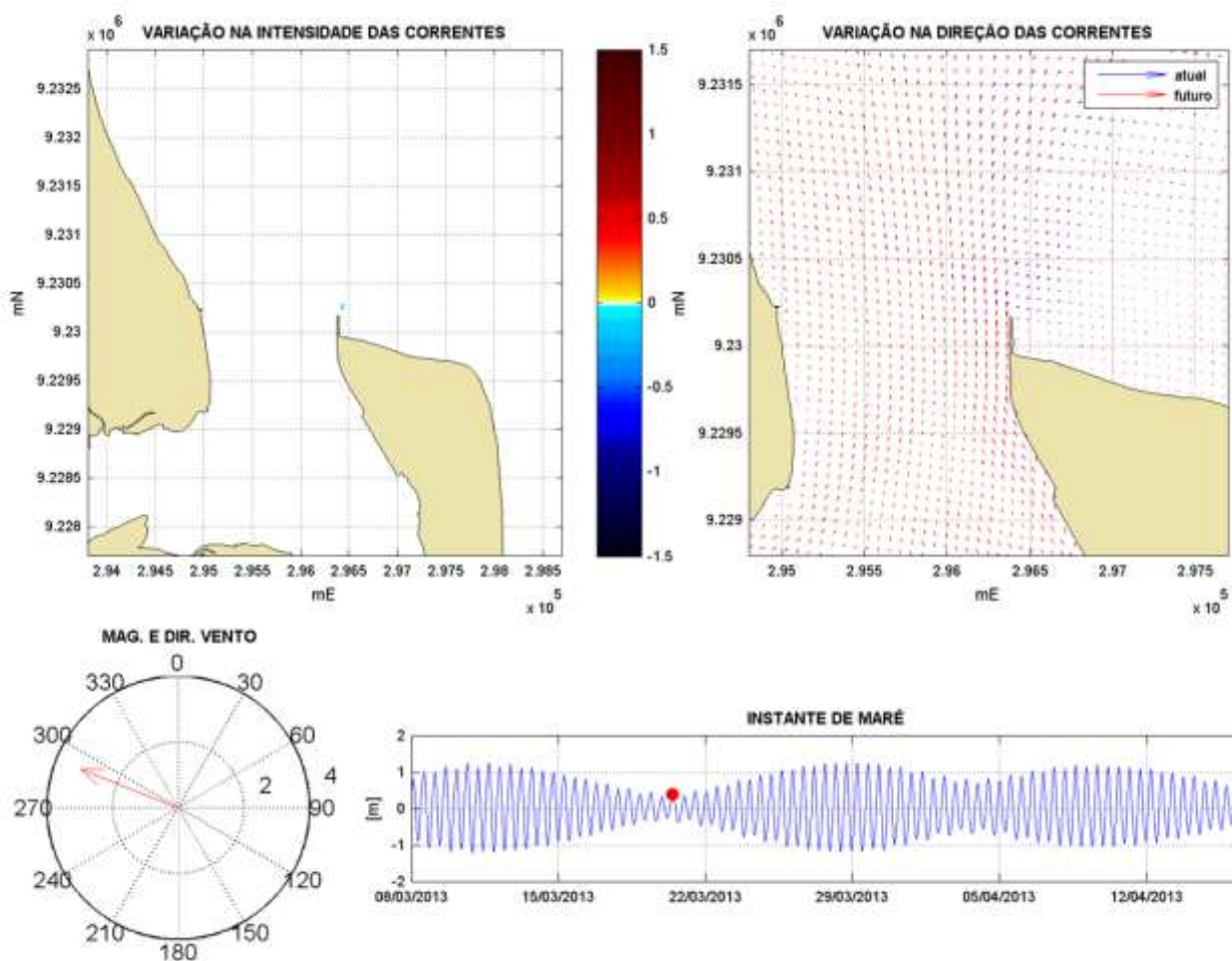


Figura 80: Variação na intensidade (painel superior esquerdo) e direção (painel direito) das correntes geradas pelo prolongamento do molhe em 150 m. Circulação induzida pela ação combinada das marés astronômicas, vento e alta descarga fluvial – maré de quadratura, passo de tempo 6.

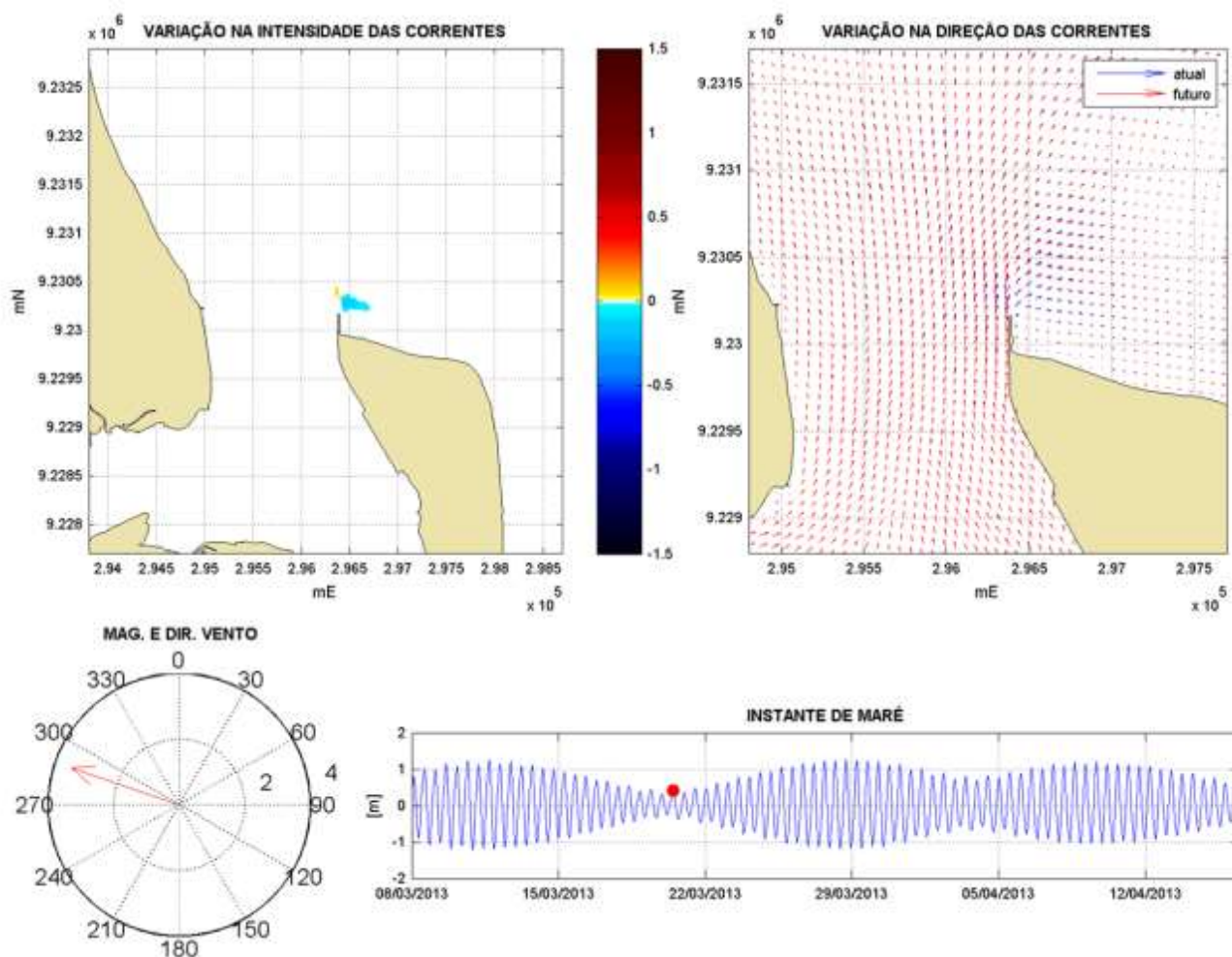


Figura 81: Variação na intensidade (painel superior esquerdo) e direção (painel direito) das correntes geradas pelo prolongamento do molhe em 150 m. Circulação induzida pela ação combinada das marés astronômicas, vento e alta descarga fluvial – maré de quadratura, passo de tempo 7.

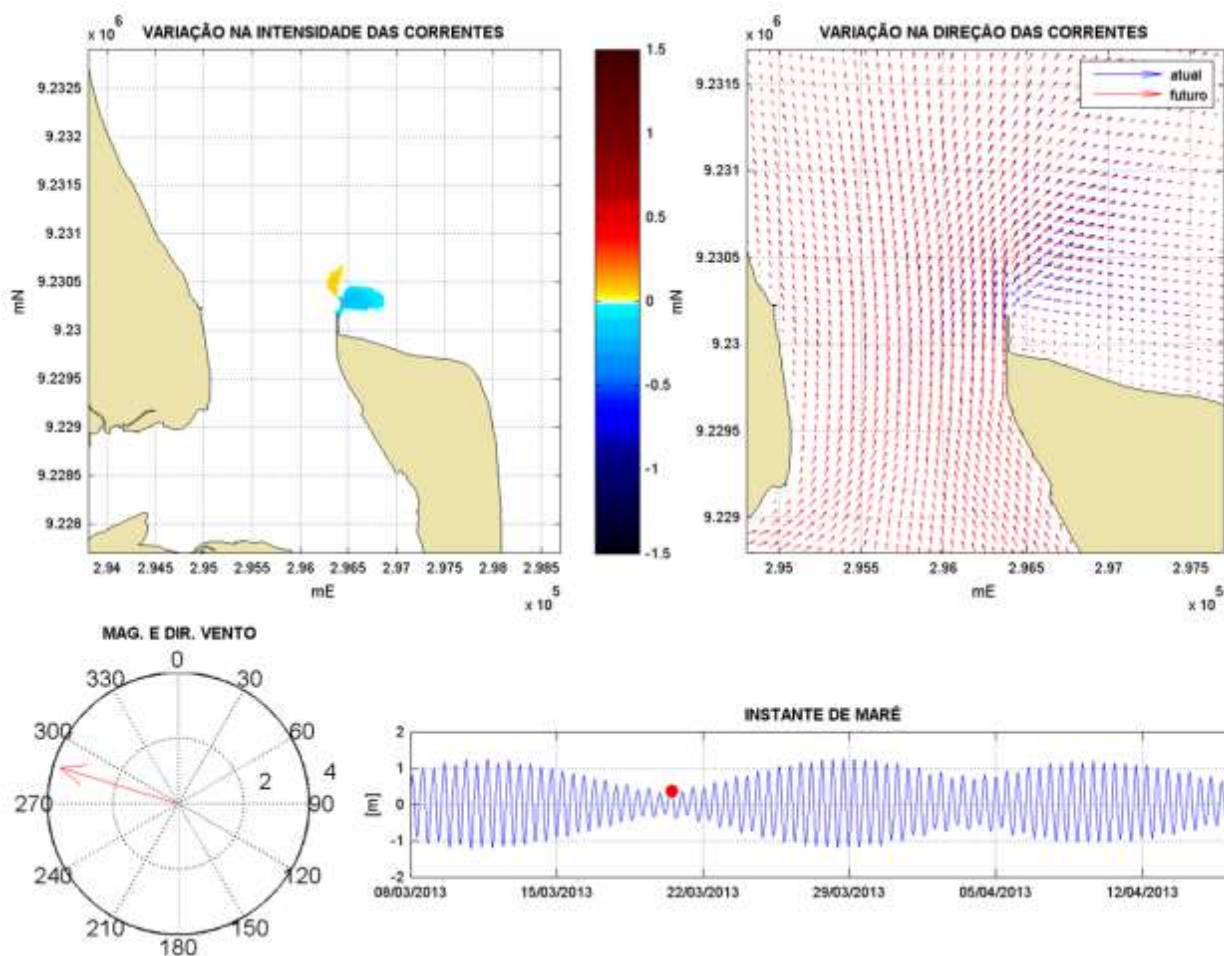


Figura 82: Variação na intensidade (painel superior esquerdo) e direção (painel direito) das correntes geradas pelo prolongamento do molhe em 150 m. Circulação induzida pela ação combinada das marés astronômicas, vento e alta descarga fluvial – maré de quadratura, passo de tempo 8.

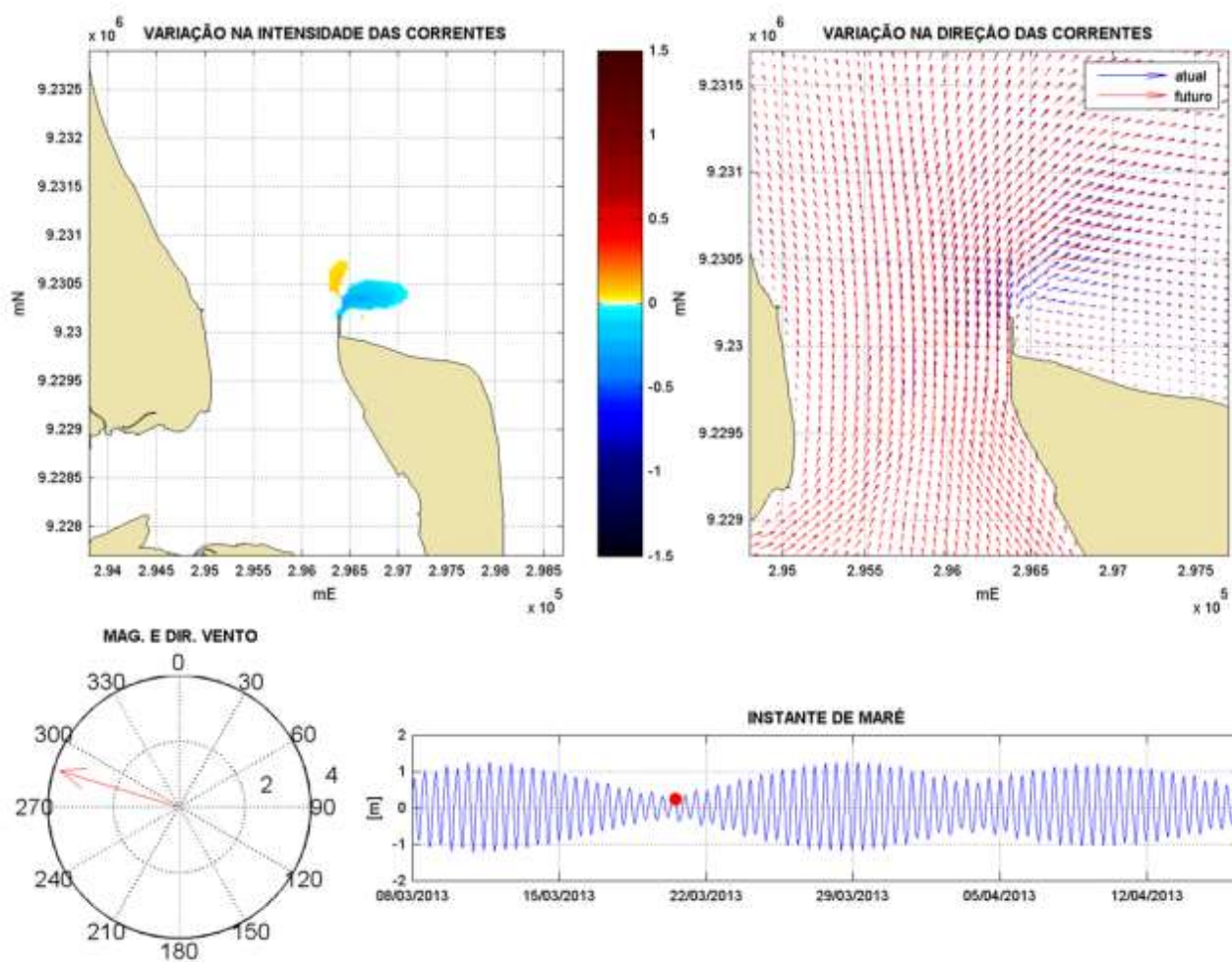


Figura 83: Variação na intensidade (painel superior esquerdo) e direção (painel direito) das correntes geradas pelo prolongamento do molhe em 150 m. Circulação induzida pela ação combinada das marés astronômicas, vento e alta descarga fluvial – maré de quadratura, passo de tempo 9.

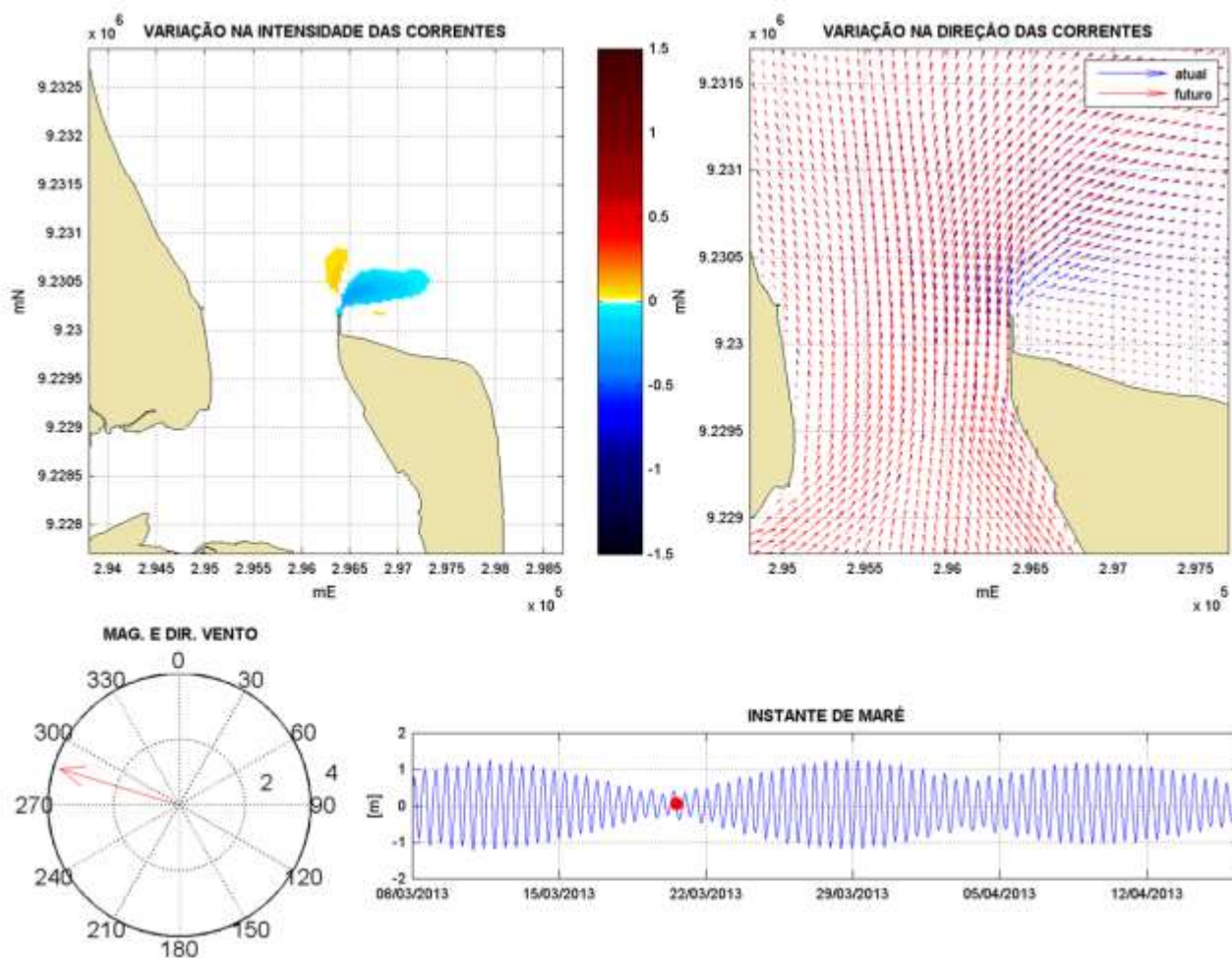


Figura 84: Variação na intensidade (painel superior esquerdo) e direção (painel direito) das correntes geradas pelo prolongamento do molhe em 150 m. Circulação induzida pela ação combinada das marés astronômicas, vento e alta descarga fluvial – maré de quadratura, passo de tempo 10.

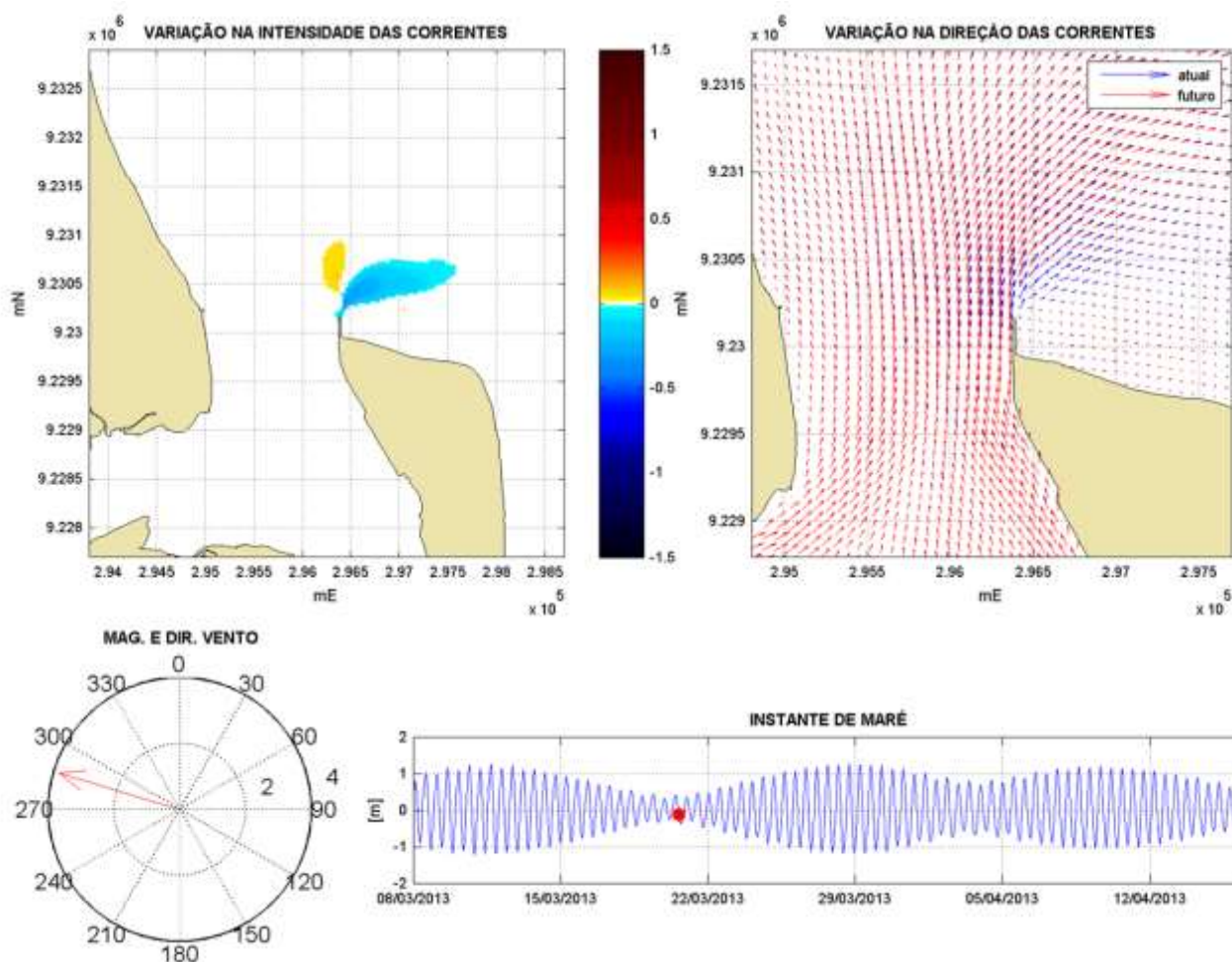


Figura 85: Variação na intensidade (painel superior esquerdo) e direção (painel direito) das correntes geradas pelo prolongamento do molhe em 150 m. Circulação induzida pela ação combinada das marés astronômicas, vento e alta descarga fluvial – maré de quadratura, passo de tempo 11.

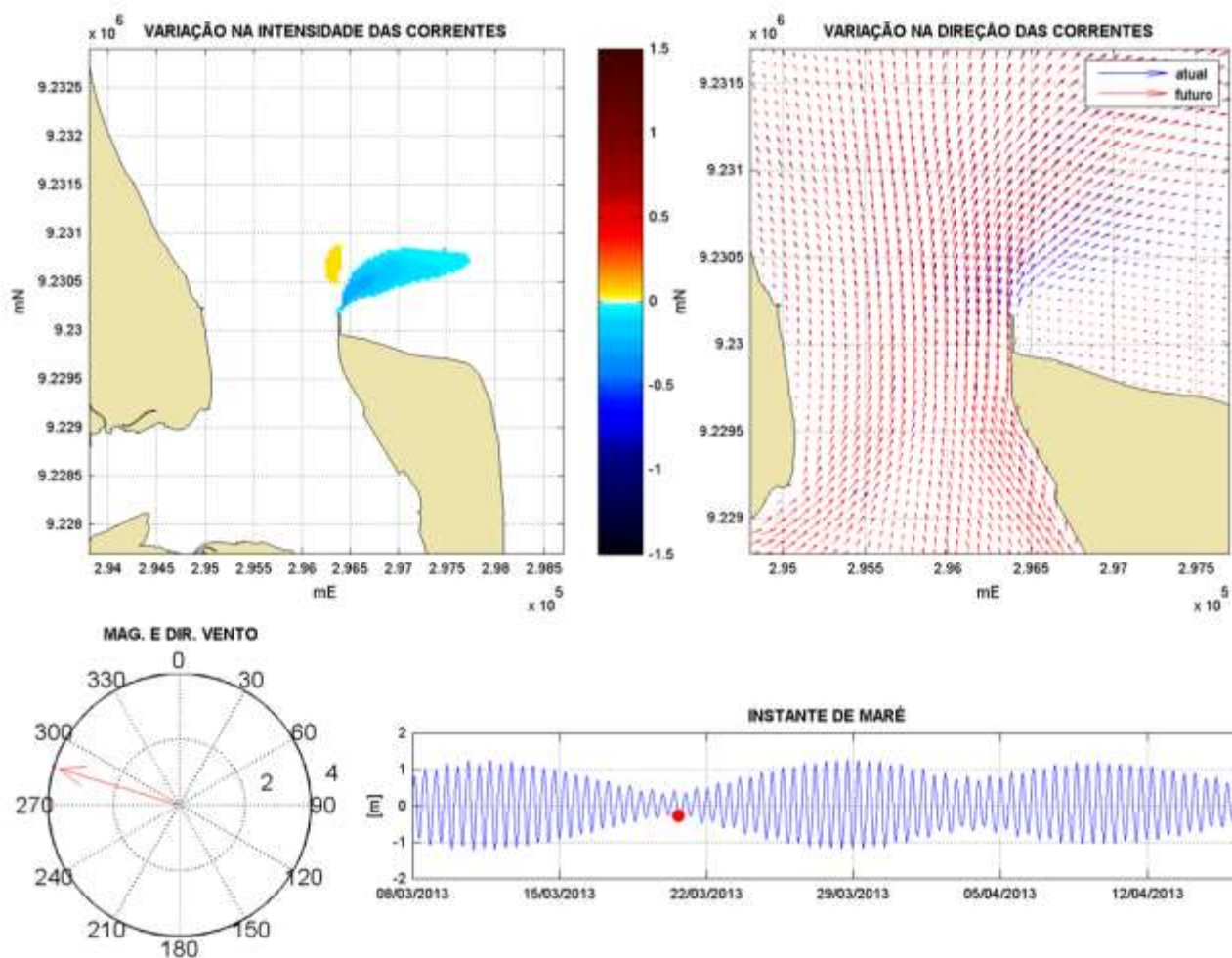


Figura 86: Variação na intensidade (painel superior esquerdo) e direção (painel direito) das correntes geradas pelo prolongamento do molhe em 150 m. Circulação induzida pela ação combinada das marés astronômicas, vento e alta descarga fluvial – maré de quadratura, passo de tempo 12.

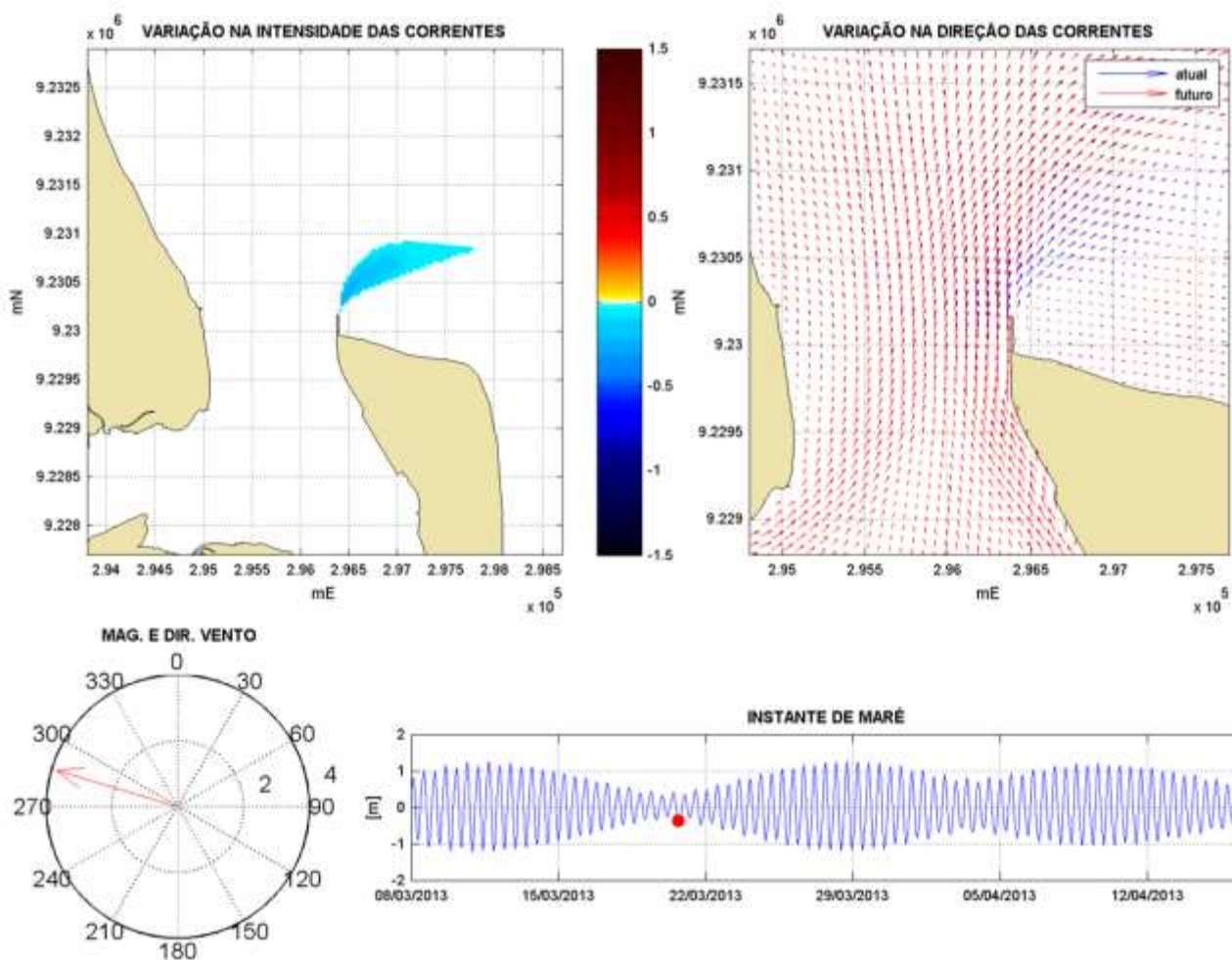


Figura 87: Variação na intensidade (painel superior esquerdo) e direção (painel direito) das correntes geradas pelo prolongamento do molhe em 150 m. Circulação induzida pela ação combinada das marés astronômicas, vento e alta descarga fluvial – maré de quadratura, passo de tempo 13.

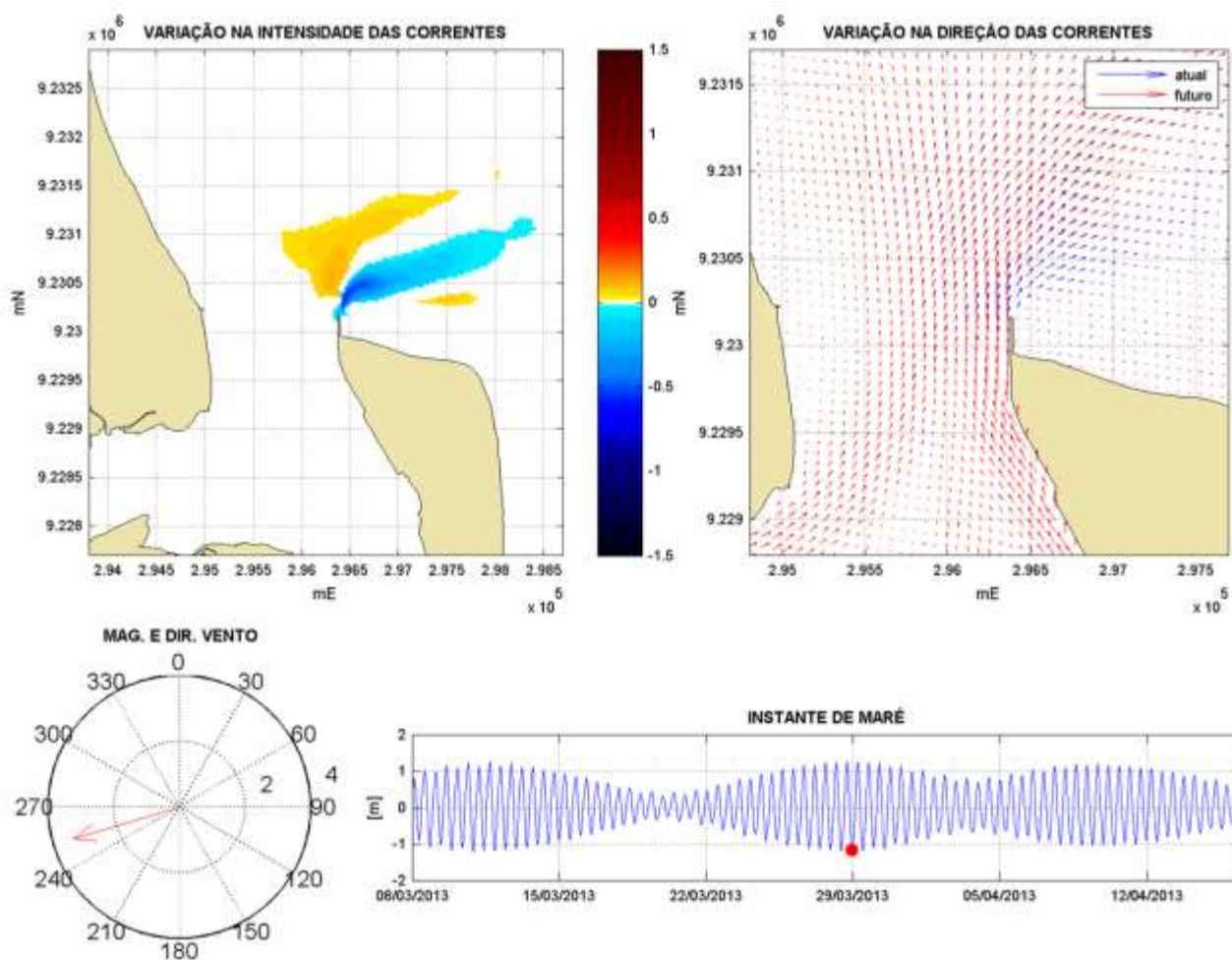


Figura 88: Variação na intensidade (painel superior esquerdo) e direção (painel direito) das correntes geradas pelo prolongamento do molhe em 150 m. Circulação induzida pela ação combinada das marés astronômicas, vento e alta descarga fluvial – maré de sizígia, passo de tempo 1.

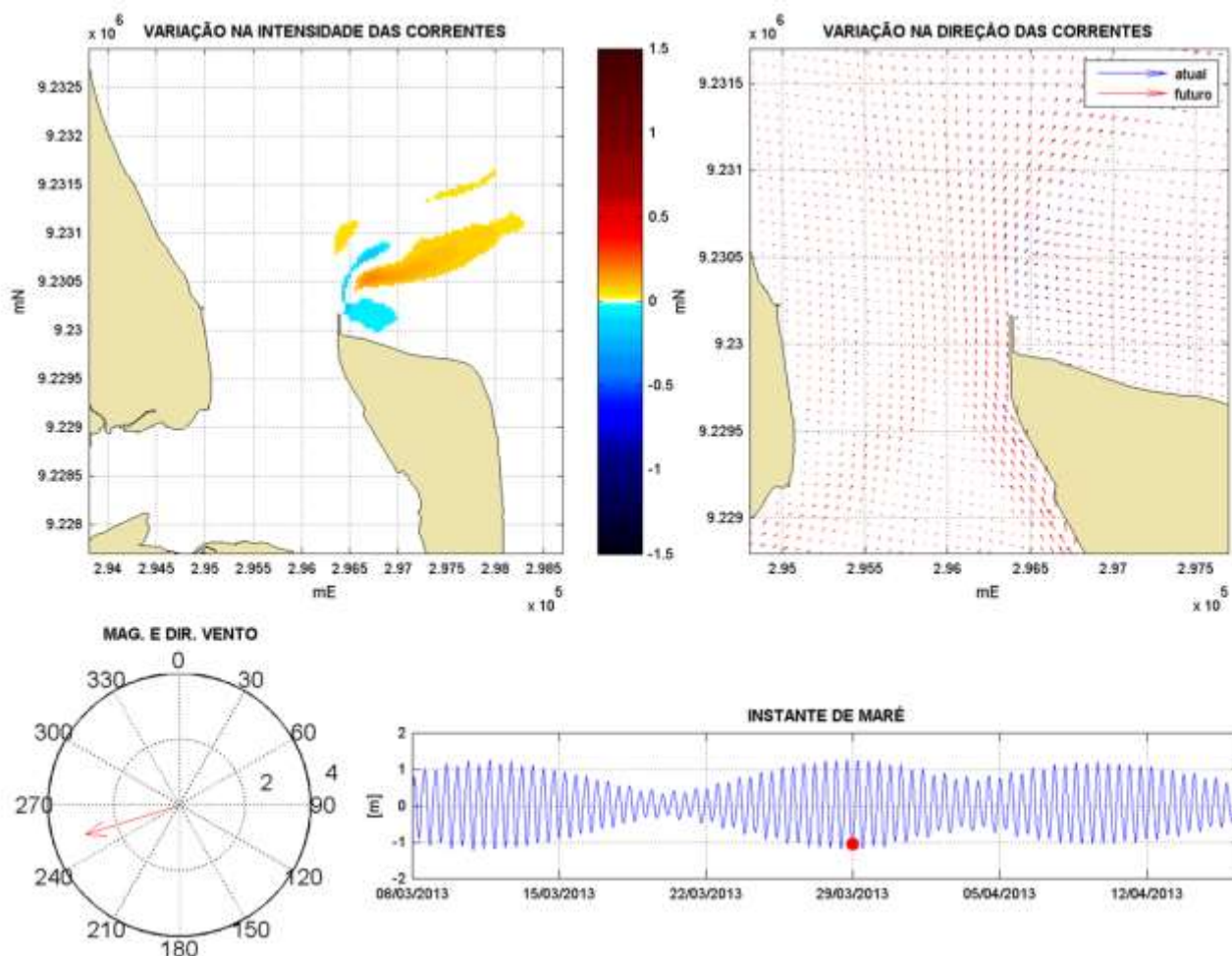


Figura 89: Variação na intensidade (painel superior esquerdo) e direção (painel direito) das correntes geradas pelo prolongamento do molhe em 150 m. Circulação induzida pela ação combinada das marés astronômicas, vento e alta descarga fluvial – maré de sizígia, passo de tempo 2.

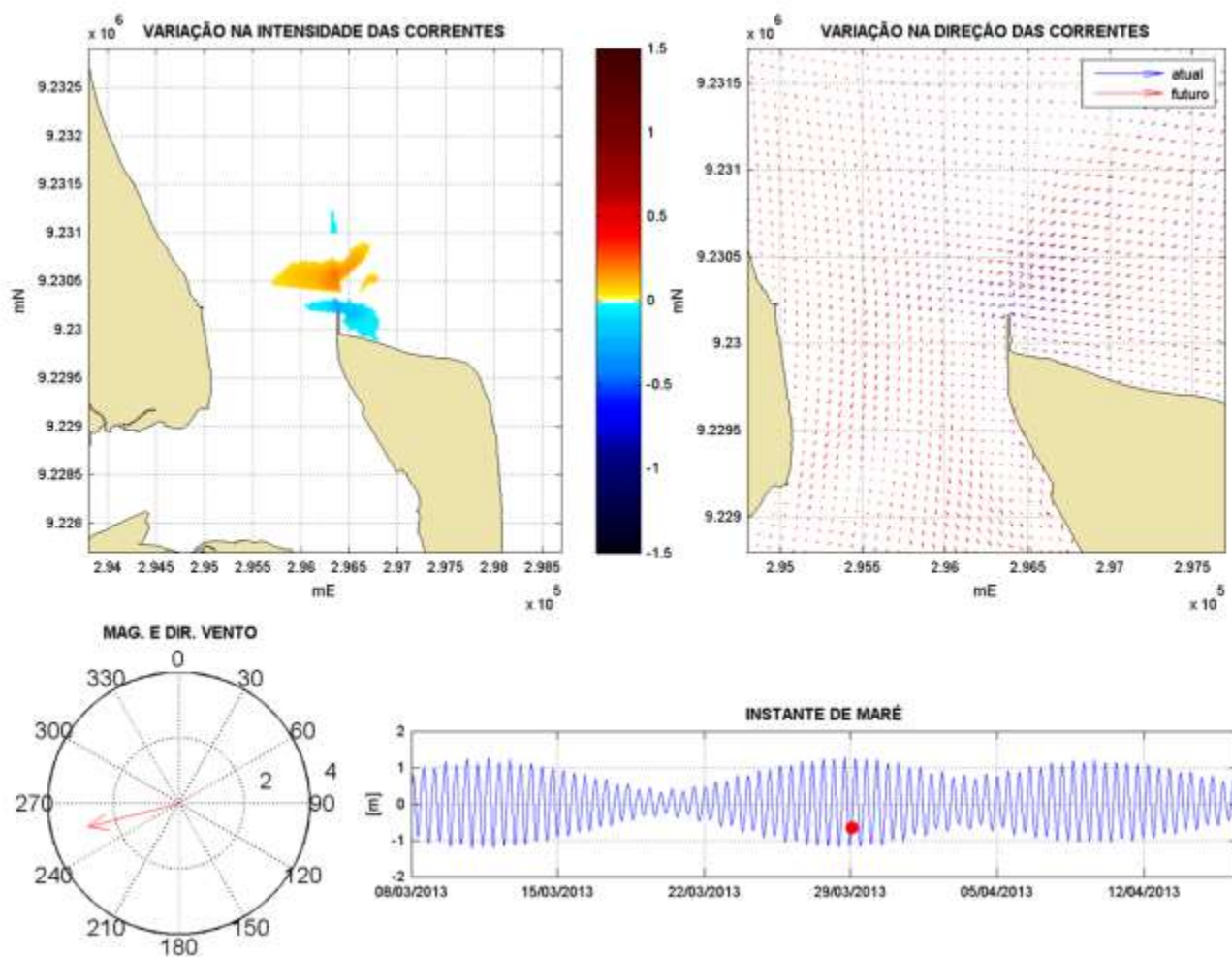


Figura 90: Variação na intensidade (painel superior esquerdo) e direção (painel direito) das correntes geradas pelo prolongamento do molhe em 150 m. Circulação induzida pela ação combinada das marés astronômicas, vento e alta descarga fluvial – maré de sizígia, passo de tempo 3.

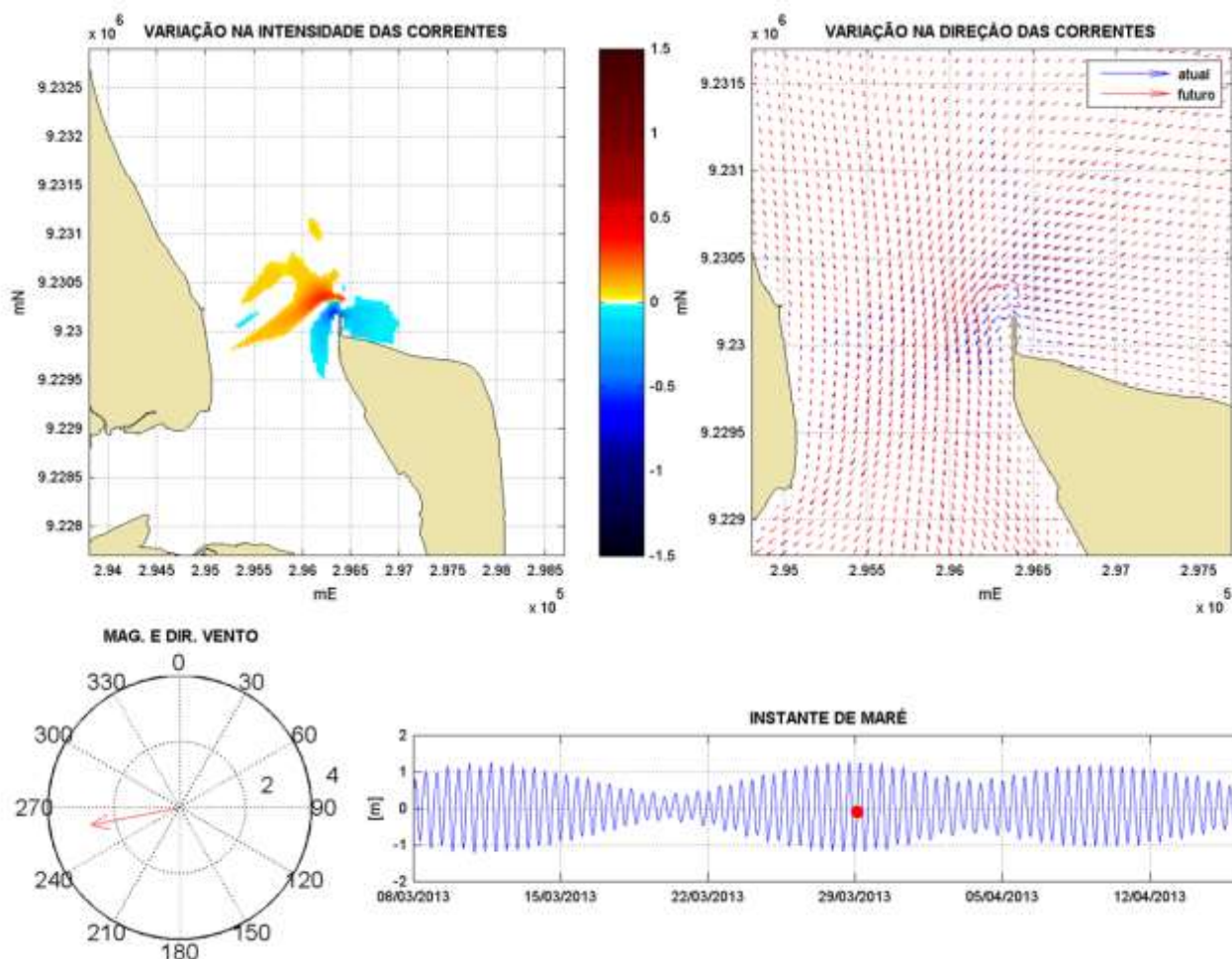


Figura 91: Variação na intensidade (painel superior esquerdo) e direção (painel direito) das correntes geradas pelo prolongamento do molhe em 150 m. Circulação induzida pela ação combinada das marés astronômicas, vento e alta descarga fluvial – maré de sizígia, passo de tempo 4.

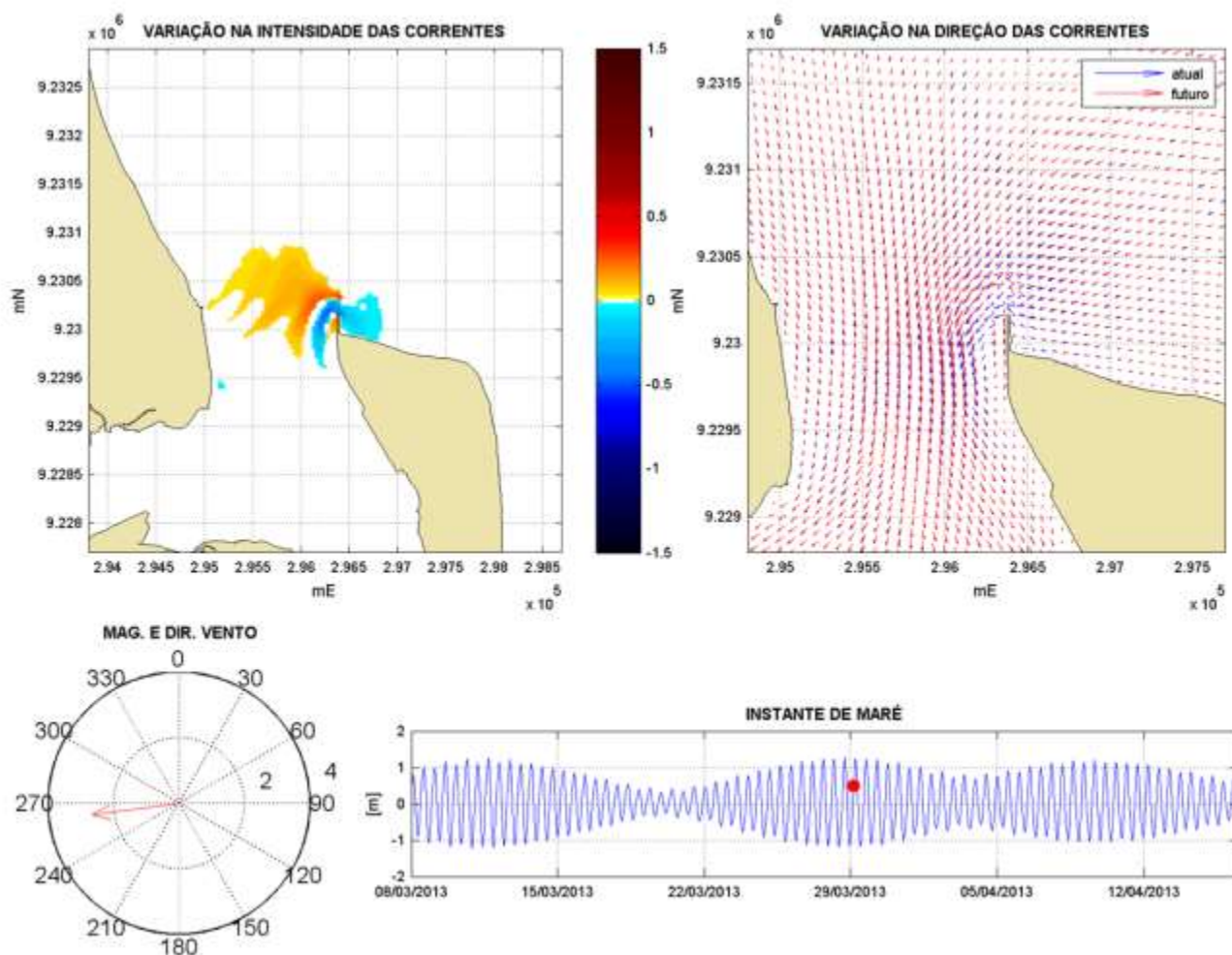


Figura 92: Variação na intensidade (painel superior esquerdo) e direção (painel direito) das correntes geradas pelo prolongamento do molhe em 150 m. Circulação induzida pela ação combinada das marés astronômicas, vento e alta descarga fluvial – maré de sizígia, passo de tempo 5.

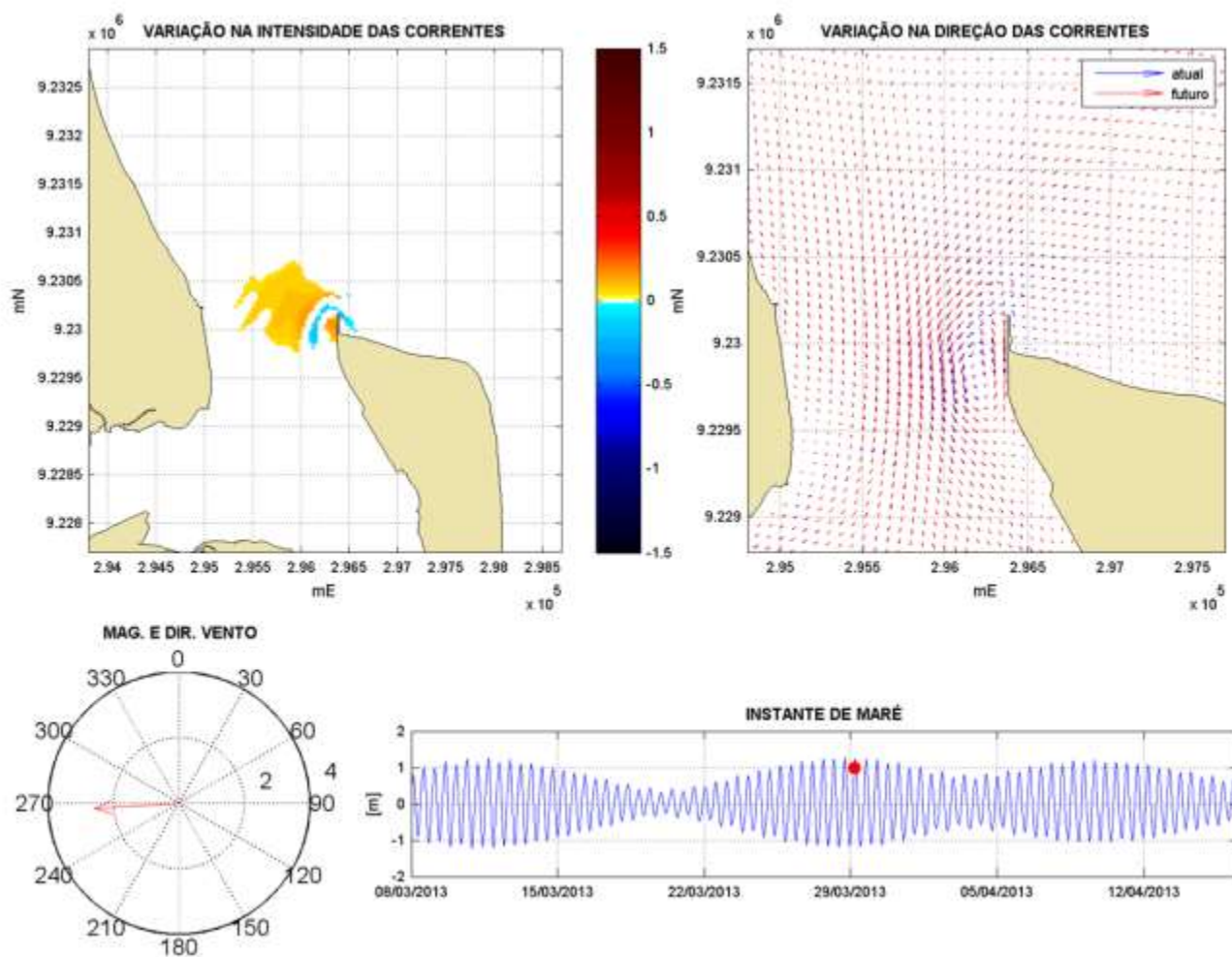


Figura 93: Variação na intensidade (painel superior esquerdo) e direção (painel direito) das correntes geradas pelo prolongamento do molhe em 150 m. Circulação induzida pela ação combinada das marés astronômicas, vento e alta descarga fluvial – maré de sizígia, passo de tempo 6.

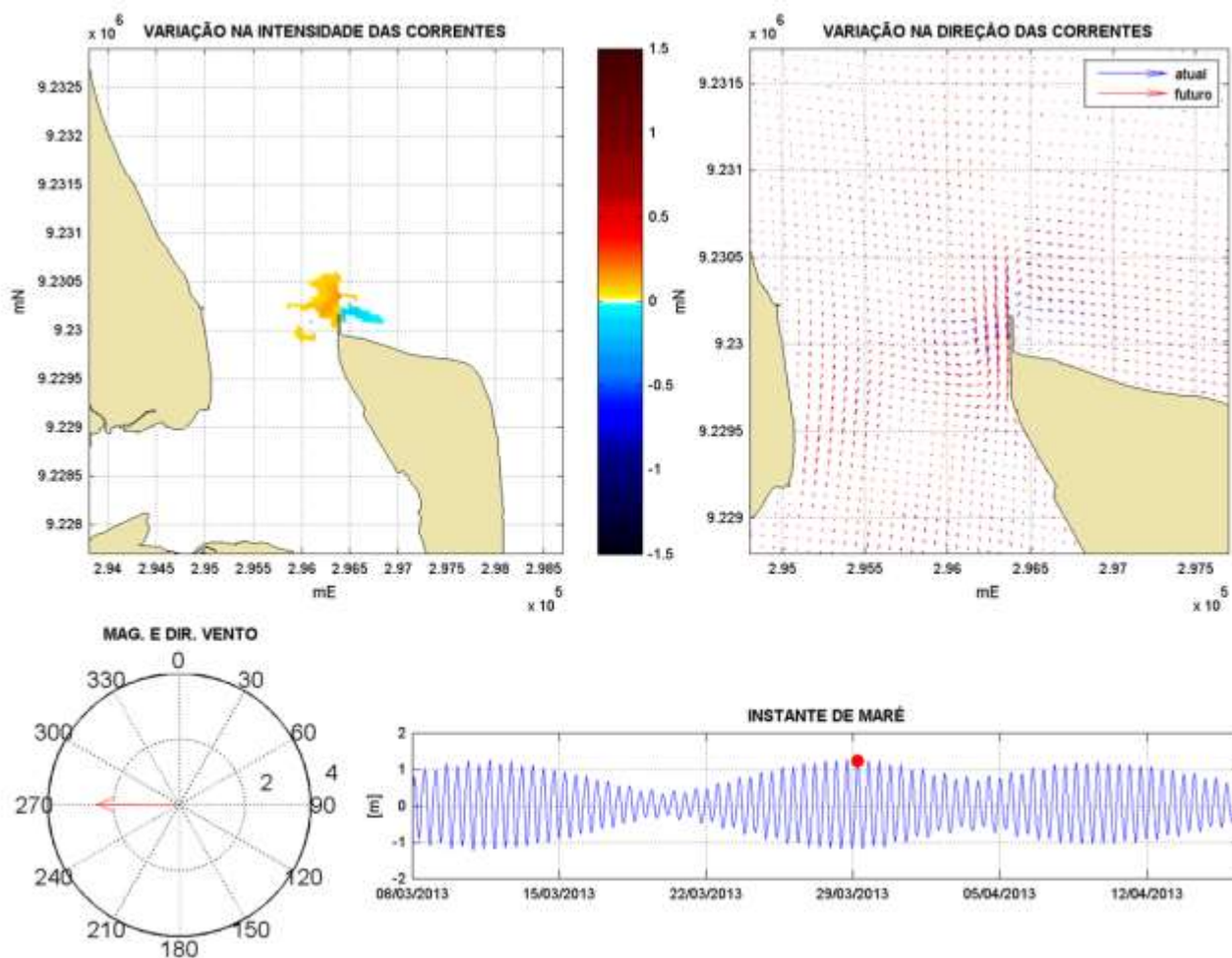


Figura 94: Variação na intensidade (painel superior esquerdo) e direção (painel direito) das correntes geradas pelo prolongamento do molhe em 150 m. Circulação induzida pela ação combinada das marés astronômicas, vento e alta descarga fluvial – maré de sizígia, passo de tempo 7.

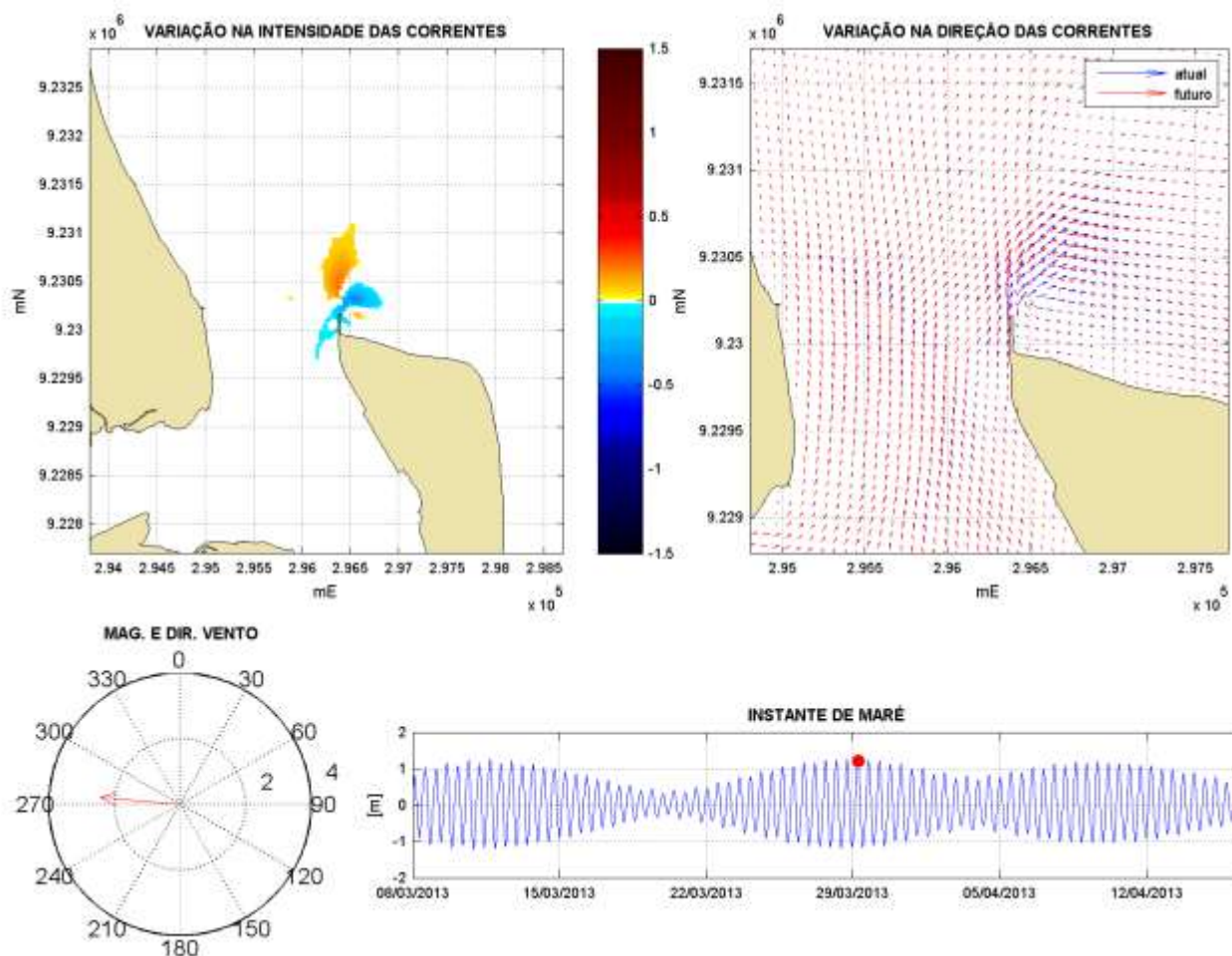


Figura 95: Variação na intensidade (painel superior esquerdo) e direção (painel direito) das correntes geradas pelo prolongamento do molhe em 150 m. Circulação induzida pela ação combinada das marés astronômicas, vento e alta descarga fluvial – maré de sizígia, passo de tempo 8.

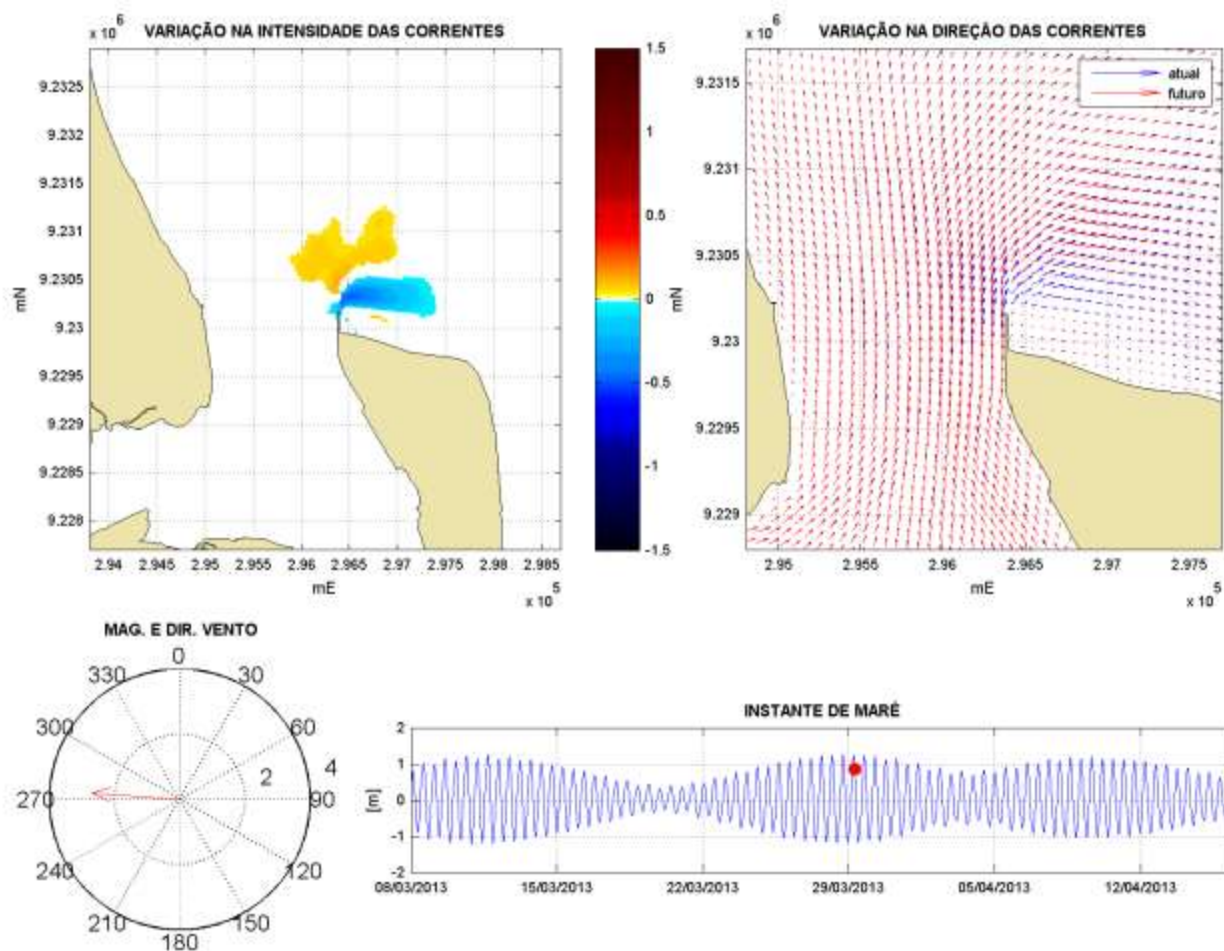


Figura 96: Variação na intensidade (painel superior esquerdo) e direção (painel direito) das correntes geradas pelo prolongamento do molhe em 150 m. Circulação induzida pela ação combinada das marés astronômicas, vento e alta descarga fluvial – maré de sizígia, passo de tempo 9.

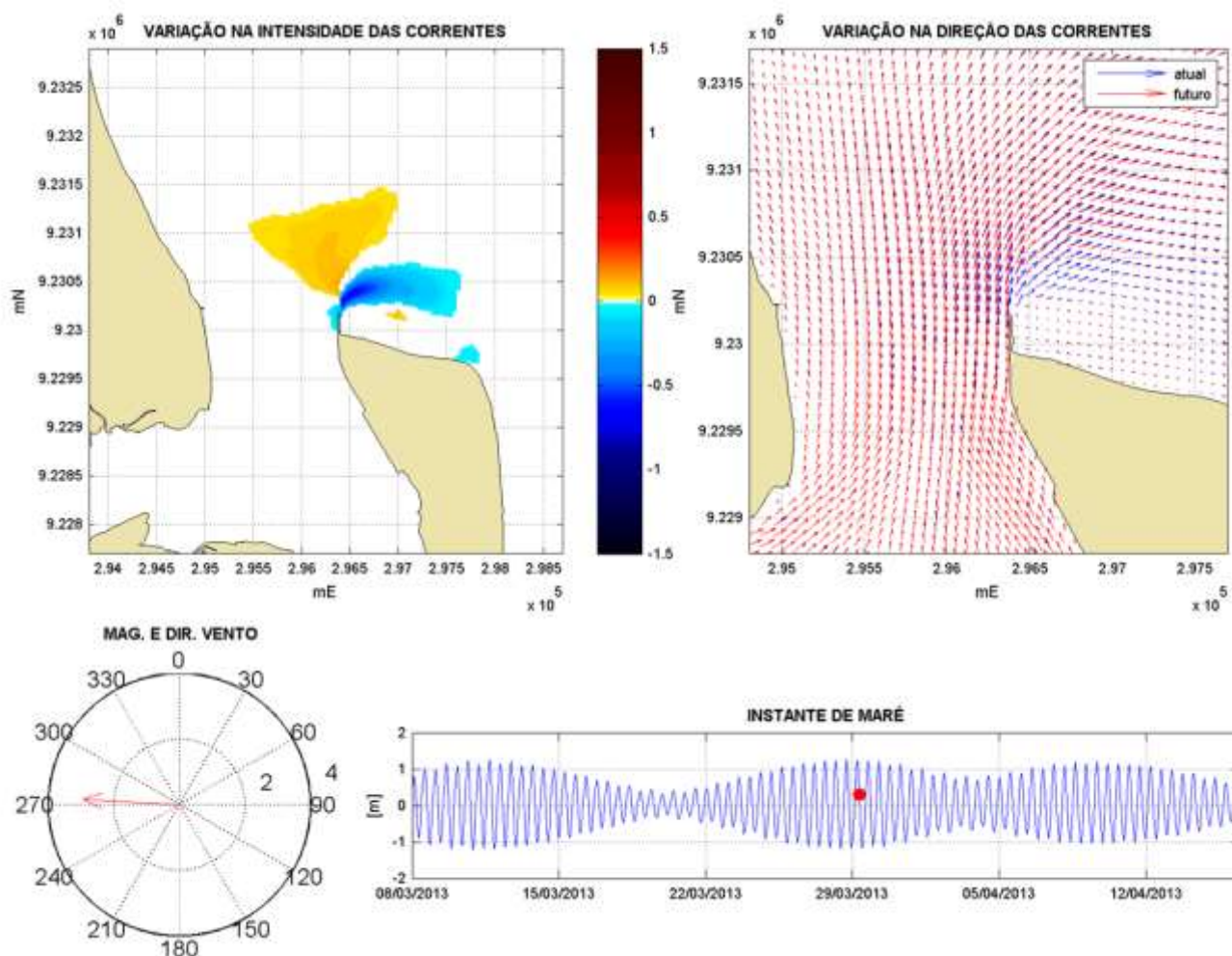


Figura 97: Variação na intensidade (painel superior esquerdo) e direção (painel direito) das correntes geradas pelo prolongamento do molhe em 150 m. Circulação induzida pela ação combinada das marés astronômicas, vento e alta descarga fluvial – maré de sizígia, passo de tempo 10.

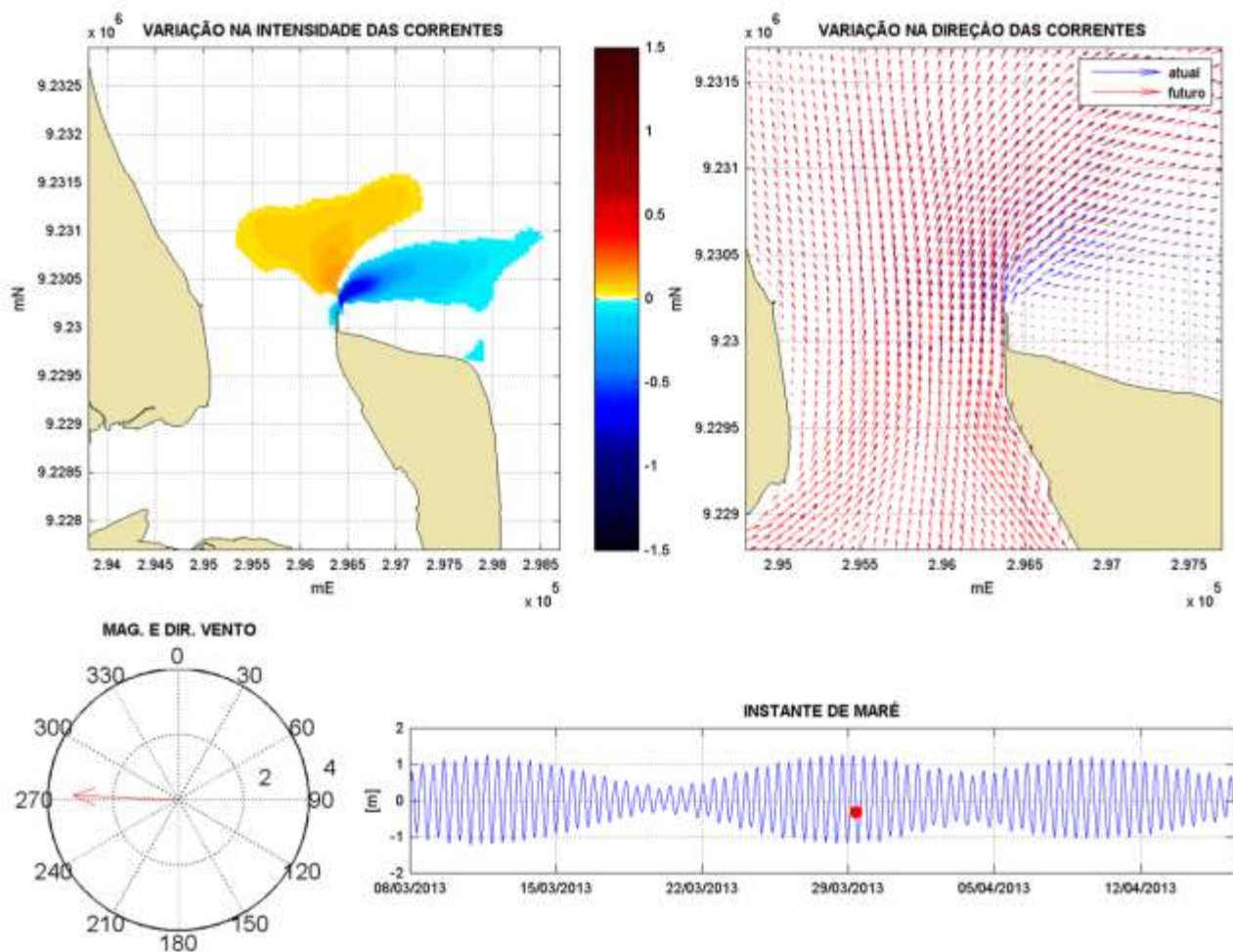


Figura 98: Variação na intensidade (painel superior esquerdo) e direção (painel direito) das correntes geradas pelo prolongamento do molhe em 150 m. Circulação induzida pela ação combinada das marés astronômicas, vento e alta descarga fluvial – maré de sizígia, passo de tempo 11.

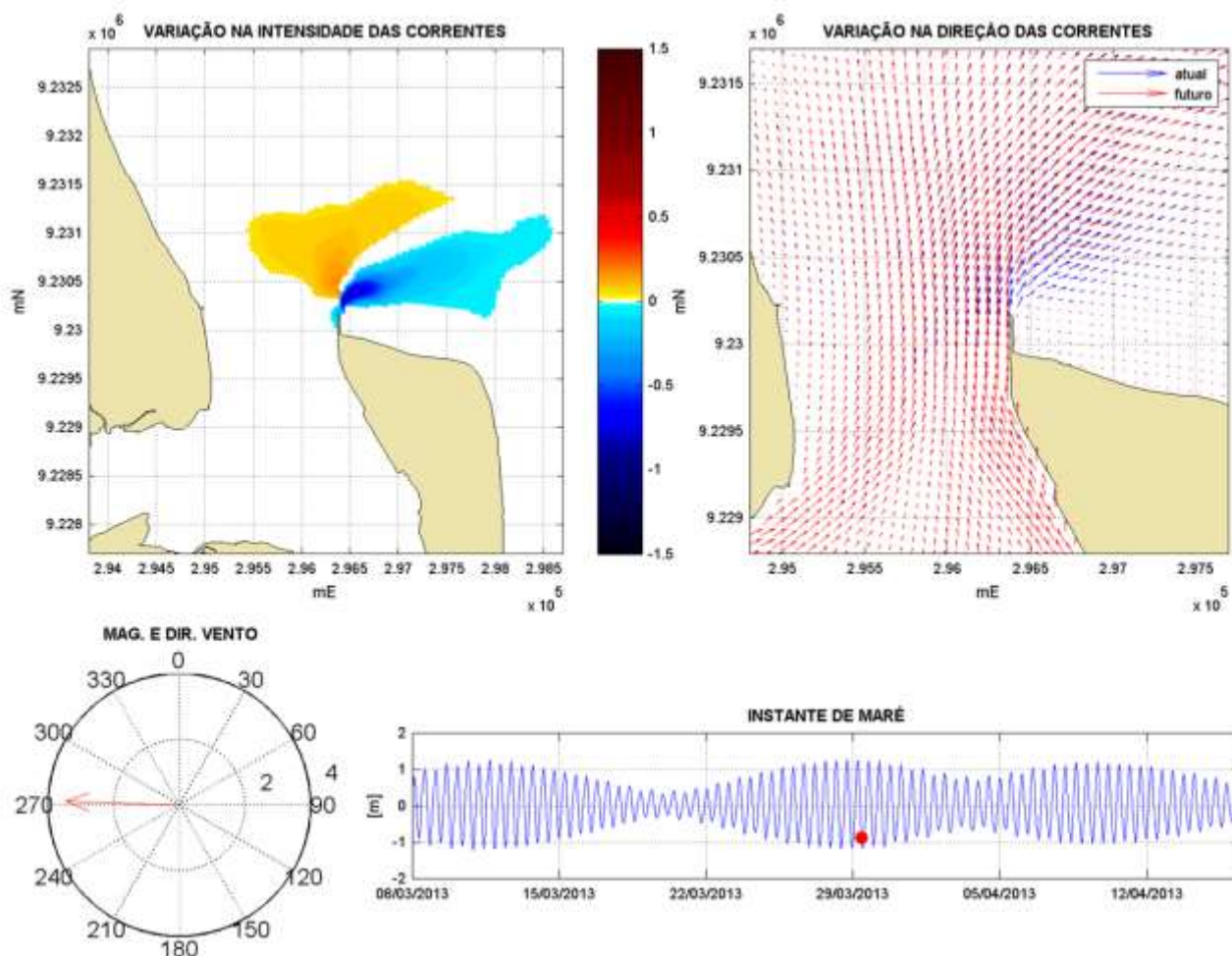


Figura 99: Variação na intensidade (painel superior esquerdo) e direção (painel direito) das correntes geradas pelo prolongamento do molhe em 150 m. Circulação induzida pela ação combinada das marés astronômicas, vento e alta descarga fluvial – maré de sizígia, passo de tempo 12.

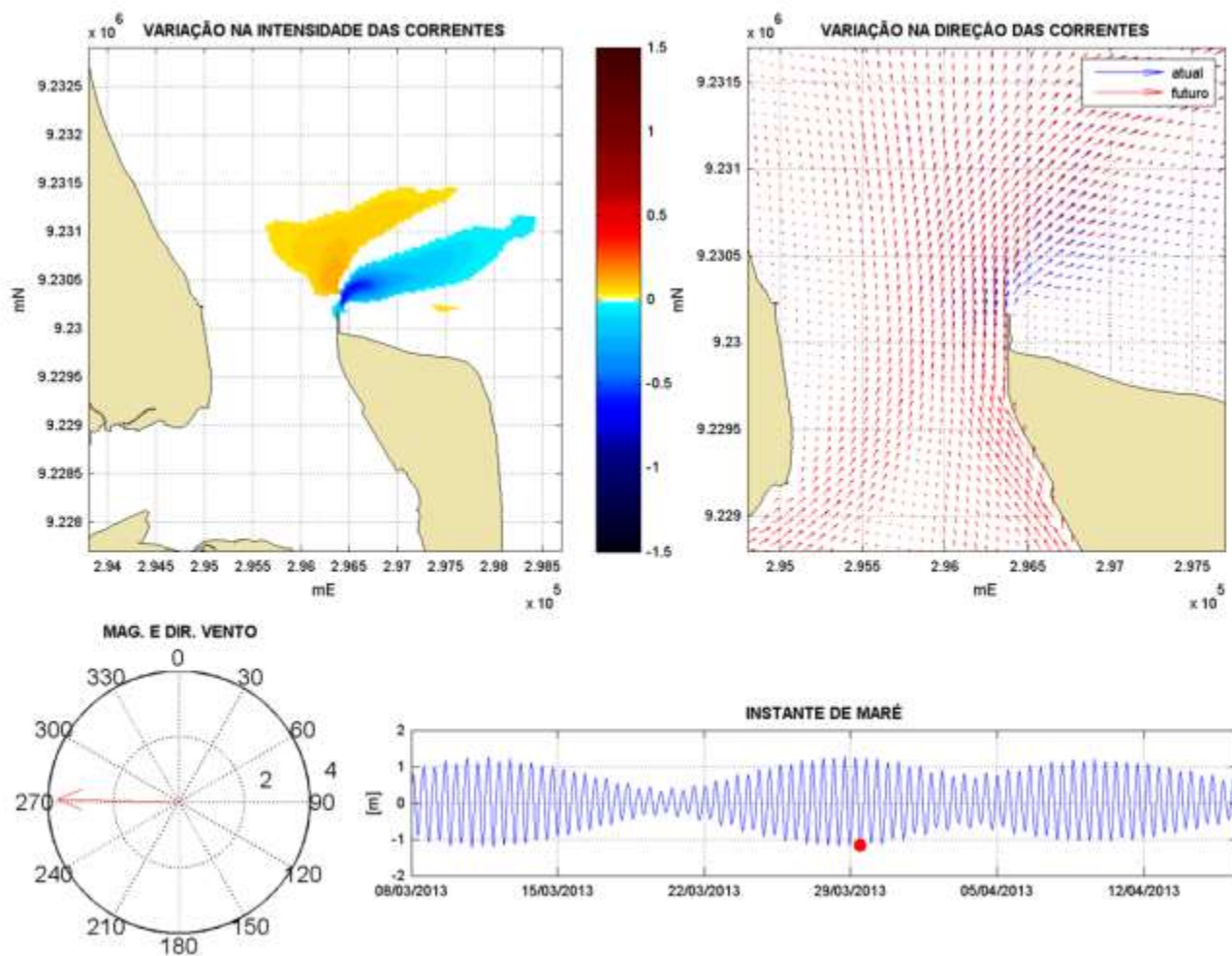


Figura 100: Variação na intensidade (painel superior esquerdo) e direção (painel direito) das correntes geradas pelo prolongamento do molhe em 150 m. Circulação induzida pela ação combinada das marés astronômicas, vento e alta descarga fluvial – maré de sizígia, passo de tempo 13.



Os resultados das simulações com o modelo DELFT3D-FLOW mostraram que os efeitos do prolongamento do molhe no padrão de circulação estão restritos às proximidades da estrutura, não se estendendo para o interior do estuário do Rio Paraíba ou região da plataforma continental adjacente.

Aumentos na velocidade das correntes são observados principalmente no cabeço da futura estrutura. As maiores intensificações foram observadas em momentos de maré enchente, em sizígia, com valores de aproximadamente 0,5 m/s.

Diminuições na velocidade das correntes foram observadas principalmente a sotamar da futura estrutura e são causadas pelo bloqueio à circulação. As maiores reduções na intensidade das correntes foram observadas em momentos de maré vazante, em sizígia, com valores de aproximadamente 1 m/s.

Simulações realizadas com vento e sem vento não mostraram diferenças no padrão de correntes na região de interesse (desembocadura), indicando que a circulação é dominada pelos efeitos da maré.

Simulações realizadas com vazão extrema mostraram que a área de influência gerada pelo prolongamento dos molhes sofre variação quando comparada com as simulações realizadas com vazão média. As altas vazões geram diminuição na intensidade das correntes em momentos de maré enchente e, como resultado, a área de influência nesta condição passa a ser menor. Por sua vez, ocorre uma intensificação das correntes de maré vazante e, por conseguinte, um aumento da área de influência gerada pelo prolongamento do molhe, principalmente em direção à área externa do estuário.



5. BIBLIOGRAFIA

EMERY, W. J.; THOMSON, R. E. 2001. Data Analysis Methods in Physical Oceanography. Elsevier, Amsterdam, 638 p.