

# RELATÓRIO DE CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO PORTO DE IMBITUBA, IMBITUBA-SC

**PREPARADO PARA:**



**PREPARADO POR:**

**CB&I**



**Mai 2017**

**ÍNDICE DE REVISÕES**

<b>VER</b>	<b>DESCRIÇÃO E/OU FOLHAS ATINGIDAS</b>
00	ORIGINAL
01	ADEQUAÇÕES SEGUNDO SOLICITAÇÃO DO CLIENTE

	VER. 00	VER. 01	VER. 02	VER. 03	VER. 04	VER. 05	VER. 06
DATA	29/05/2017	07/07/2017					
PROJETO	5270205	5270205					
EXECUÇÃO	MOAM/CTR	MOAM/CTR					
VERIFICAÇÃO	PR/RCB	AF/RCB					
APROVAÇÃO	RCB	RCB					

AS INFORMAÇÕES DESTE DOCUMENTO SÃO PROPRIEDADE DA CBI MEIO AMBIENTE E INFRAESTRUTURA LTDA., SENDO PROIBIDA A UTILIZAÇÃO FORA DA SUA FINALIDADE.

A IMPRESSÃO OU REPRODUÇÃO DESTE DOCUMENTO TORNA A CÓPIA NÃO CONTROLADA.

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>11</b>
<b>1.1</b>	<b>ÁREA DE ESTUDO .....</b>	<b>11</b>
<b>2</b>	<b>CAMPANHA DE MEDIÇÕES METEO-OCEANOGRÁFICAS .....</b>	<b>13</b>
<b>2.1</b>	<b>ONDAS, CORRENTES, NÍVEL E TEMPERATURA .....</b>	<b>13</b>
<b>2.1.1</b>	<b>RESULTADOS DE NÍVEL E TEMPERATURA.....</b>	<b>13</b>
<b>2.1.2</b>	<b>MEDIÇÕES DE CORRENTES.....</b>	<b>17</b>
<b>2.1.3</b>	<b>MEDIÇÕES DE ONDAS .....</b>	<b>75</b>
<b>2.2</b>	<b>MEDIÇÃO DE SEÇÕES VERTICAIS DE CORRENTE – <i>BOTTOM TRACKING</i> .....</b>	<b>81</b>
<b>2.3</b>	<b>PARÂMETROS METEOROLÓGICOS E SUA RELAÇÃO COM PARÂMETROS OCEANOGRÁFICOS .....</b>	<b>90</b>
<b>3</b>	<b>CAMPANHAS DE LEVANTAMENTO BATIMÉTRICO .....</b>	<b>95</b>
<b>3.1</b>	<b>BATIMETRIA DA ENSEADA E BOTA-FORAS.....</b>	<b>95</b>
<b>3.2</b>	<b>PERFIS DE PRAIA TOPO-BATIMÉTRICOS.....</b>	<b>104</b>
<b>3.2.1.</b>	<b>CARACTERIZAÇÃO DOS SEDIMENTOS.....</b>	<b>115</b>
<b>4</b>	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>119</b>

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Área de estudo – Porto de Imbituba. ....	12
Figura 2. Descrição da Estação Maregráfica do Porto de Imbituba. ....	14
Figura 3. Séries temporais da altura da coluna d’água e temperatura medidas pelo ADCP. ..	15
Figura 4. Comparação de séries temporais de maré medidas pelo ADCP e pelo marégrafo. 16	
Figura 5. Séries temporais de maré medida e maré meteorológica, referenciadas ao NR DHN. .....	17
Figura 6. Série temporal das componentes u e v das correntes medidas na célula 1. ....	18
Figura 7. Série temporal das componentes u e v das correntes medidas na célula 2. ....	19
Figura 8. Série temporal das componentes u e v das correntes medidas na célula 3. ....	19
Figura 9. Série temporal das componentes u e v das correntes medidas na célula 4. ....	20
Figura 10. Série temporal das componentes u e v das correntes medidas na célula 5. ....	20
Figura 11. Série temporal das componentes u e v das correntes medidas na célula 6. ....	21
Figura 12. Série temporal das componentes u e v das correntes medidas na célula 7. ....	21
Figura 13. Série temporal das componentes u e v das correntes medidas na célula 8. ....	22
Figura 14. Série temporal das componentes u e v das correntes medidas na célula 9. ....	22
Figura 15. Série temporal das componentes u e v das correntes medidas na célula 10. ....	23
Figura 16. Série temporal das componentes u e v das correntes medidas na célula 11. ....	23
Figura 17. Série temporal das componentes u e v das correntes medidas na célula 12. ....	24
Figura 18. Série temporal de velocidade e direção das correntes medidas na célula 1. ....	24
Figura 19. Série temporal de velocidade e direção das correntes medidas na célula 2. ....	25
Figura 20. Série temporal de velocidade e direção das correntes medidas na célula 3. ....	25
Figura 21. Série temporal de velocidade e direção das correntes medidas na célula 4. ....	26
Figura 22. Série temporal de velocidade e direção das correntes medidas na célula 5. ....	26
Figura 23. Série temporal de velocidade e direção das correntes medidas na célula 6. ....	27
Figura 24. Série temporal de velocidade e direção das correntes medidas na célula 7. ....	27
Figura 25. Série temporal de velocidade e direção das correntes medidas na célula 8. ....	28
Figura 26. Série temporal de velocidade e direção das correntes medidas na célula 9. ....	28
Figura 27. Série temporal de velocidade e direção das correntes medidas na célula 10. ....	29
Figura 28. Série temporal de velocidade e direção das correntes medidas na célula 11. ....	29
Figura 29. Série temporal de velocidade e direção das correntes medidas na célula 12. ....	30
Figura 30. Diagrama <i>stick plot</i> de correntes para as células 1, 2 e 3 no período de 24/01/2017	



a 27/01/2017.....	31
Figura 31. Diagrama <i>stick plot</i> de correntes para as células 1, 2 e 3 no período de 29/01/2017 a 02/02/2017.....	31
Figura 32. Diagrama <i>stick plot</i> de correntes para as células 1, 2 e 3 no período de 04/02/2017 a 07/02/2017.....	32
Figura 33. Diagrama <i>stick plot</i> de correntes para as células 1, 2 e 3 no período de 09/02/2017 a 12/02/2017.....	32
Figura 34. Diagrama <i>stick plot</i> de correntes para as células 1, 2 e 3 no período de 14/02/2017 a 18/02/2017.....	33
Figura 35. Diagrama <i>stick plot</i> de correntes para as células 1, 2 e 3 no período de 20/02/2017 a 24/02/2017.....	33
Figura 36. Diagrama <i>stick plot</i> de correntes para as células 1, 2 e 3 no período de 26/02/2017 a 01/03/2017.....	34
Figura 37. Diagrama <i>stick plot</i> de correntes para as células 1, 2 e 3 no período de 03/03/2017 a 06/03/2017.....	34
Figura 38. Diagrama <i>stick plot</i> de correntes para as células 1, 2 e 3 no período de 08/03/2017 a 11/03/2017.....	35
Figura 39. Diagrama <i>stick plot</i> de correntes para as células 1, 2 e 3 no período de 13/03/2017 a 17/03/2017.....	35
Figura 40. Diagrama <i>stick plot</i> de correntes para as células 1, 2 e 3 no período de 19/03/2017 a 22/03/2017.....	36
Figura 41. Diagrama <i>stick plot</i> de correntes para as células 1, 2 e 3 no período de 24/03/2017 a 27/03/2017.....	36
Figura 42. Diagrama <i>stick plot</i> de correntes para as células 1, 2 e 3 no período de 29/03/2017 a 02/04/2017.....	37
Figura 43. Diagrama <i>stick plot</i> de correntes para as células 1, 2 e 3 no período de 04/04/2017 a 07/04/2017.....	37
Figura 44. Diagrama <i>stick plot</i> de correntes para as células 1, 2 e 3 no período de 09/04/2017 a 12/04/2017.....	38
Figura 45. Diagrama <i>stick plot</i> de correntes para as células 1, 2 e 3 no período de 14/04/2017 a 17/04/2017.....	38
Figura 46. Diagrama <i>stick plot</i> de correntes para as células 1, 2 e 3 no período de 19/04/2017 a 23/04/2017.....	39
Figura 47. Diagrama <i>stick plot</i> de correntes para as células 1, 2 e 3 no período de 25/04/2017	

a 28/04/2017.....	39
Figura 48. Diagrama <i>stick plot</i> de correntes para as células 4, 5 e 6 no período de 24/01/2017 a 27/01/2017.....	40
Figura 49. Diagrama <i>stick plot</i> de correntes para as células 4, 5 e 6 no período de 29/01/2017 a 02/02/2017.....	40
Figura 50. Diagrama <i>stick plot</i> de correntes para as células 4, 5 e 6 no período de 04/02/2017 a 07/02/2017.....	41
Figura 51. Diagrama <i>stick plot</i> de correntes para as células 4, 5 e 6 no período de 09/02/2017 a 12/02/2017.....	41
Figura 52. Diagrama <i>stick plot</i> de correntes para as células 4, 5 e 6 no período de 14/02/2017 a 18/02/2017.....	42
Figura 53. Diagrama <i>stick plot</i> de correntes para as células 4, 5 e 6 no período de 20/02/2017 a 24/02/2017.....	42
Figura 54. Diagrama <i>stick plot</i> de correntes para as células 4, 5 e 6 no período de 26/02/2017 a 01/03/2017.....	43
Figura 55. Diagrama <i>stick plot</i> de correntes para as células 4, 5 e 6 no período de 03/03/2017 a 06/03/2017.....	43
Figura 56. Diagrama <i>stick plot</i> de correntes para as células 4, 5 e 6 no período de 08/03/2017 a 11/03/2017.....	44
Figura 57. Diagrama <i>stick plot</i> de correntes para as células 4, 5 e 6 no período de 13/03/2017 a 17/03/2017.....	44
Figura 58. Diagrama <i>stick plot</i> de correntes para as células 4, 5 e 6 no período de 19/03/2017 a 23/03/2017.....	45
Figura 59. Diagrama <i>stick plot</i> de correntes para as células 4, 5 e 6 no período de 24/03/2017 a 27/03/2017.....	45
Figura 60. Diagrama <i>stick plot</i> de correntes para as células 4, 5 e 6 no período de 29/03/2017 a 02/04/2017.....	46
Figura 61. Diagrama <i>stick plot</i> de correntes para as células 4, 5 e 6 no período de 04/04/2017 a 07/04/2017.....	46
Figura 62. Diagrama <i>stick plot</i> de correntes para as células 4, 5 e 6 no período de 09/04/2017 a 12/04/2017.....	47
Figura 63. Diagrama <i>stick plot</i> de correntes para as células 4, 5 e 6 no período de 14/04/2017 a 17/04/2017.....	47
Figura 64. Diagrama <i>stick plot</i> de correntes para as células 4, 5 e 6 no período de 19/04/2017	

a 23/04/2017.....	48
Figura 65. Diagrama <i>stick plot</i> de correntes para as células 4, 5 e 6 no período de 25/04/2017 a 28/04/2017.....	48
Figura 66. Diagrama <i>stick plot</i> de correntes para as células 7, 8 e 9 no período de 24/01/2017 a 27/01/2017.....	49
Figura 67. Diagrama <i>stick plot</i> de correntes para as células 7, 8 e 9 no período de 29/01/2017 a 02/02/2017.....	49
Figura 68. Diagrama <i>stick plot</i> de correntes para as células 7, 8 e 9 no período de 04/02/2017 a 07/02/2017.....	50
Figura 69. Diagrama <i>stick plot</i> de correntes para as células 7, 8 e 9 no período de 09/02/2017 a 12/02/2017.....	50
Figura 70. Diagrama <i>stick plot</i> de correntes para as células 7, 8 e 9 no período de 14/02/2017 a 18/02/2017.....	51
Figura 71. Diagrama <i>stick plot</i> de correntes para as células 7, 8 e 9 no período de 20/02/2017 a 24/02/2017.....	51
Figura 72. Diagrama <i>stick plot</i> de correntes para as células 7, 8 e 9 no período de 26/02/2017 a 01/03/2017.....	52
Figura 73. Diagrama <i>stick plot</i> de correntes para as células 7, 8 e 9 no período de 03/03/2017 a 06/03/2017.....	52
Figura 74. Diagrama <i>stick plot</i> de correntes para as células 7, 8 e 9 no período de 08/03/2017 a 11/03/2017.....	53
Figura 75. Diagrama <i>stick plot</i> de correntes para as células 7, 8 e 9 no período de 13/03/2017 a 17/03/2017.....	53
Figura 76. Diagrama <i>stick plot</i> de correntes para as células 7, 8 e 9 no período de 19/03/2017 a 22/03/2017.....	54
Figura 77. Diagrama <i>stick plot</i> de correntes para as células 7, 8 e 9 no período de 25/04/2017 a 28/04/2017.....	54
Figura 78. Diagrama <i>stick plot</i> de correntes para as células 7, 8 e 9 no período de 29/03/2017 a 02/04/2017.....	55
Figura 79. Diagrama <i>stick plot</i> de correntes para as células 7, 8 e 9 no período de 04/04/2017 a 07/04/2017.....	55
Figura 80. Diagrama <i>stick plot</i> de correntes para as células 7, 8 e 9 no período de 09/04/2017 a 12/04/2017.....	56
Figura 81. Diagrama <i>stick plot</i> de correntes para as células 7, 8 e 9 no período de 14/04/2017	

a 17/04/2017.....	56
Figura 82. Diagrama <i>stick plot</i> de correntes para as células 7, 8 e 9 no período de 19/04/2017 a 23/04/2017.....	57
Figura 83. Diagrama <i>stick plot</i> de correntes para as células 7, 8 e 9 no período de 25/04/2017 a 28/04/2017.....	57
Figura 84. Diagrama <i>stick plot</i> de correntes para as células 10, 11 e 12 no período de 24/01/2017 a 27/01/2017.....	58
Figura 85. Diagrama <i>stick plot</i> de correntes para as células 10, 11 e 12 no período de 29/01/2017 a 02/02/2017.....	58
Figura 86. Diagrama <i>stick plot</i> de correntes para as células 10, 11 e 12 no período de 04/01/2017 a 07/01/2017.....	59
Figura 87. Diagrama <i>stick plot</i> de correntes para as células 10, 11 e 12 no período de 09/02/2017 a 12/02/2017.....	59
Figura 88. Diagrama <i>stick plot</i> de correntes para as células 10, 11 e 12 no período de 14/02/2017 a 18/02/2017.....	60
Figura 89. Diagrama <i>stick plot</i> de correntes para as células 10, 11 e 12 no período de 20/02/2017 a 24/02/2017.....	60
Figura 90. Diagrama <i>stick plot</i> de correntes para as células 10, 11 e 12 no período de 26/02/2017 a 01/03/2017.....	61
Figura 91. Diagrama <i>stick plot</i> de correntes para as células 10, 11 e 12 no período de 03/03/2017 a 06/03/2017.....	61
Figura 92. Diagrama <i>stick plot</i> de correntes para as células 10, 11 e 12 no período de 08/03/2017 a 11/03/2017.....	62
Figura 93. Diagrama <i>stick plot</i> de correntes para as células 10, 11 e 12 no período de 13/03/2017 a 17/03/2017.....	62
Figura 94. Diagrama <i>stick plot</i> de correntes para as células 10, 11 e 12 no período de 19/03/2017 a 22/03/2017.....	63
Figura 95. Diagrama <i>stick plot</i> de correntes para as células 10, 11 e 12 no período de 24/03/2017 a 27/03/2017.....	63
Figura 96. Diagrama <i>stick plot</i> de correntes para as células 10, 11 e 12 no período de 29/03/2017 a 02/04/2017.....	64
Figura 97. Diagrama <i>stick plot</i> de correntes para as células 10, 11 e 12 no período de 04/04/2017 a 07/04/2017.....	64
Figura 98. Diagrama <i>stick plot</i> de correntes para as células 10, 11 e 12 no período de	

09/04/2017 a 12/04/2017.....	65
Figura 99. Diagrama <i>stick plot</i> de correntes para as células 10, 11 e 12 no período de 14/04/2017 a 17/04/2017.....	65
Figura 100. Diagrama <i>stick plot</i> de correntes para as células 10, 11 e 12 no período de 19/04/2017 a 23/04/2017.....	66
Figura 101. Diagrama <i>stick plot</i> de correntes para as células 10, 11 e 12 no período de 25/04/2017 a 28/04/2017.....	66
Figura 102. Diagrama Polar de Ocorrência das correntes medidas na célula 1.....	67
Figura 103. Diagrama Polar de Ocorrência das correntes medidas na célula 2.....	68
Figura 104. Diagrama Polar de Ocorrência das correntes medidas na célula 3.....	68
Figura 105. Diagrama Polar de Ocorrência das correntes medidas na célula 4.....	69
Figura 106. Diagrama Polar de Ocorrência das correntes medidas na célula 5.....	69
Figura 107. Diagrama Polar de Ocorrência das correntes medidas na célula 6.....	70
Figura 108. Diagrama Polar de Ocorrência das correntes medidas na célula 7.....	70
Figura 109. Diagrama Polar de Ocorrência das correntes medidas na célula 8.....	71
Figura 110. Diagrama Polar de Ocorrência das correntes medidas na célula 9.....	71
Figura 111. Diagrama Polar de Ocorrência das correntes medidas na célula 10.....	72
Figura 112. Diagrama Polar de Ocorrência das correntes medidas na célula 11.....	72
Figura 113. Diagrama Polar de Ocorrência das correntes medidas na célula 12.....	73
Figura 114: Perfil vertical de correntes na componente u.....	74
Figura 115: Perfil vertical de correntes na componente v.....	74
Figura 116. Séries temporais de altura significativa e altura máxima de onda.....	75
Figura 117. Séries temporais de período associado ao pico e período médio.....	76
Figura 118. Séries temporais de direção média, direção associada ao pico do espectro e espalhamento direcional de onda.....	77
Figura 119. Distribuição de ocorrências de direção média e altura de ondas.....	78
Figura 120. Diagrama de altura significativa e direção de pico.....	79
Figura 121. Diagrama de período de pico e direção de pico.....	79
Figura 122. Séries temporais dos espectros de energia de ondas em classes de período e de direção.....	80
Figura 123. Velocidade e direção de corrente para os transectos medido em maré de quadratura, vistos em planta.....	82
Figura 124. Velocidade e direção de corrente para os transectos medidos em maré de sizígia, vistos em planta.....	82

Figura 125. Perfis de correntes medidos no Transecto 1 em maré de quadratura. ....	84
Figura 126. Perfis de correntes medidos no Transecto 2 em maré de quadratura. ....	85
Figura 127. Perfis de correntes medidos no Transecto 3 em maré de quadratura. ....	86
Figura 128. Perfis de correntes medidos no Transecto 1 em maré de sizígia. ....	87
Figura 129. Perfis de correntes medidos no Transecto 2 em maré de sizígia. ....	88
Figura 130. Perfis de correntes medidos no Transecto 3 em maré de sizígia. ....	89
Figura 131. Série temporal de pressão atmosférica medida no Porto de Imbituba.....	90
Figura 132. Séries temporais de vento medido no Porto de Imbituba. ....	91
Figura 133. Distribuição de ocorrências de direção e intensidade de vento medido no Porto de Imbituba. ....	91
Figura 134: Séries temporais de parâmetros físicos para comparação. As setas azuis indicam momentos de entrada de frentes frias e as linhas vermelhas representam as séries de baixa frequência. ....	93
Figura 135. Batimetria monofeixe da Campanha 1, representada em intervalos de 1 metro de profundidade. ....	96
Figura 136. Batimetria monofeixe da Campanha 1, representada com interpolação pelo método <i>Natural Neighbor</i> e linhas isobatimétricas em intervalos de 2 metros de profundidade. ....	97
Figura 137. Batimetria monofeixe da Campanha 2, representada em intervalos de 1 metro de profundidade. ....	99
Figura 138. Batimetria monofeixe da Campanha 2, representada com interpolação pelo método <i>Natural Neighbor</i> e linhas isobatimétricas em intervalos de 2 metros de profundidade. ....	100
Figura 139. Batimetria monofeixe da enseada da Campanha 1 e campanha 2, representada com interpolação pelo método <i>Natural Neighbor</i> e linhas isobatimétricas em intervalos de 2 metros de profundidade. ....	102
Figura 140. Comparação entre as campanhas batimétricas realizadas na enseada da Praia do Porto de Imbituba, através da subtração de superfícies geradas a partir do método <i>Natural Neighbor</i> . ....	103
Figura 141. Perfis topo-batimétricos executados na campanha 1 e na campanha 2.....	105
Figura 142. Comparação entre as campanhas 1 e 2 – Perfil 1. ....	106
Figura 143. Campanhas 1 – Perfil 2. ....	106
Figura 144. Comparação entre as campanhas 1 e 2 – Perfil 3. ....	107
Figura 145. Comparação entre as campanhas 1 e 2 – Perfil 4. ....	107
Figura 146. Comparação entre as campanhas 1 e 2 – Perfil 5. ....	108
Figura 147. Comparação entre as campanhas 1 e 2 – Perfil 6. ....	108

Figura 148. Comparação entre as campanhas 1 e 2 – Perfil 7.....	109
Figura 149. Comparação entre as campanhas 1 e 2 – Perfil 8.....	109
Figura 150. Comparação entre as campanhas 1 e 2 – Perfil 9.....	110
Figura 151. Comparação entre as campanhas 1 e 2 – Perfil 10.....	110
Figura 152. Comparação entre as campanhas 1 e 2 – Perfil 11.....	111
Figura 153. Comparação entre as campanhas 1 e 2 – Perfil 12.....	111
Figura 154. Comparação entre as campanhas 1 e 2 – Perfil 13.....	112
Figura 155. Comparação entre as campanhas 1 e 2 – Perfil 14.....	112
Figura 156. Comparação entre as campanhas 1 e 2 – Perfil 15.....	113
Figura 157. Comparação entre as campanhas 1 e 2 – Perfil 16.....	113
Figura 158. Comparação entre as campanhas 1 e 2 – Perfil 17.....	114
Figura 159. Comparação entre as campanhas 1 e 2 – Perfil 18.....	114
Figura 160. Frações da composição granulométrica das amostras coletadas na área interna aos molhes.....	116
Figura 161. Frações da composição granulométrica das amostras coletadas na área externa aos molhes.....	117

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Horários e fases da mare durante as medições de perfis de correntes. Horários em UTC.....	81
Tabela 2. Classificações das profundidades encontradas para a Campanha 1.....	95
Tabela 3. Classificações das profundidades encontradas para a Campanha 2.....	98
Tabela 4. Classificações das profundidades da enseada encontradas para a campanha 1 e campanha 2.....	101
Tabela 5. Classificação granulométrica dos sedimentos*.....	115
Tabela 6. Classificação granulométrica dos sedimentos.....	115



## 1 INTRODUÇÃO

O presente documento é um entregável do serviço constante no escopo de ELABORAÇÃO E EXECUÇÃO DE ESTUDO DE HIDRODINÂMICA PARA AVALIAR A TAXA DE ASSOREAMENTO NO PORTO DE IMBITUBA E PLUMA DE DISPERSÃO DE SEDIMENTOS, através do contrato de nº 089/2016, referente ao ANEXO I (Termo de Referência), Ítem G (Produtos Previstos), cláusula 7.1, sub-ítem: c) Relatório de caracterização da área de estudo.

Neste documento é apresentada uma análise dos resultados do tratamento dos dados meteoceanográficos (correntes, ondas, maré e vento), hidrográficos e sedimentológicos, adquiridos no Terminal Portuário de Imbituba, município de Imbituba – SC.

O intuito principal para o desenvolvimento dos levantamentos oceanográfico, hidrográfico e sedimentológico foi gerar dados como subsídio para a análise e avaliação das causas do processo de assoreamento ocorrente no Porto de Imbituba.

O levantamento hidrográfico realizado na área de estudo se enquadra na Categoria “B” e atende à Portaria nº8 da Diretoria de Hidrografia e Navegação (DHN), que dispõe de normas e procedimentos para controle dos levantamentos hidrográficos em território nacional (NORMAM-25). Todos os dados estão referenciados ao nível de referência da DHN.

A aquisição dos dados ocorreu entre os dias 16 de janeiro a 04 de maio de 2017, pela CB&I Meio Ambiente e Infraestrutura Ltda., inscrita sob o nº 245 no cadastro de entidades executantes de Levantamento Hidrográfico, em conformidade com o art. 37 do Decreto- Lei nº 243 de 28/02/1967, de acordo com a autorização Nº 411/16 (Anexo 1), emitida no dia 27 de dezembro de 2016, pelo Centro de Hidrografia da Marinha (CHM) da DHN.

### 1.1 ÁREA DE ESTUDO

A área do levantamento está localizada na região costeira do município de Imbituba, a 90 km da capital estadual Florianópolis, nas latitudes 28° 13' 42,38" S e longitude 48° 39'12,98" W no litoral sul de Santa Catarina.

Na Figura 1 está representada a área de realização do levantamento dos dados. A figura mostra a localização de instalação do ADCP, marégrafo, da estação meteorológica, das áreas de levantamento topo-batimétrico e dos transectos com ADCP.



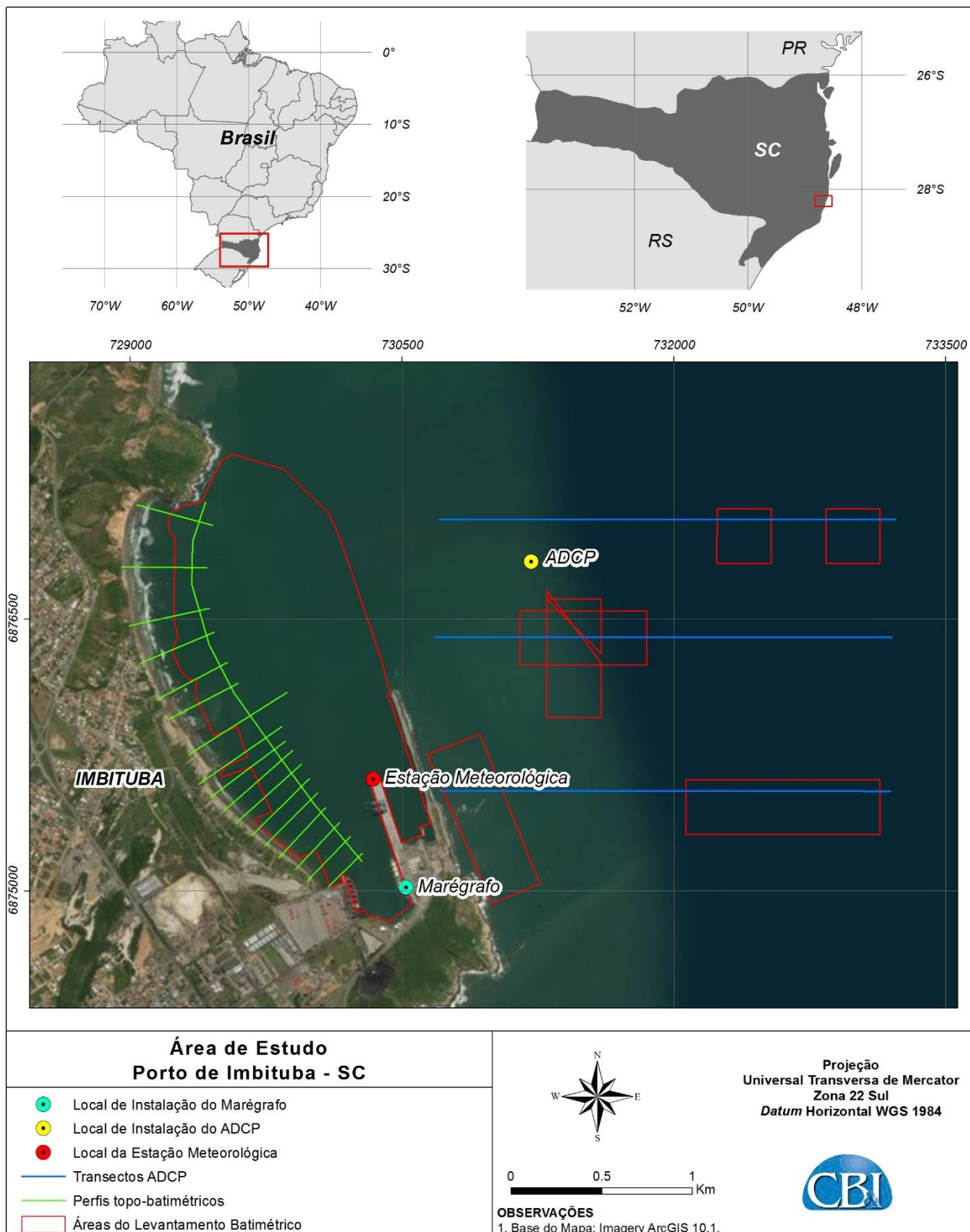


Figura 1. Área de estudo – Porto de Imbituba.

## 2 CAMPANHA DE MEDIÇÕES METEO-OCEANOGRÁFICAS

### 2.1 ONDAS, CORRENTES, NÍVEL E TEMPERATURA

As atividades realizadas no presente estudo compreenderam duas campanhas de aquisição de dados através de um perfilador de correntes (ADCP) instalado na área de estudo. A primeira ocorreu entre os dias 23/01/2017 e 20/02/2017, e a segunda entre os dias 21/02/2017 e 29/04/2017, de forma a compreender todo o período em que houve aquisição de dados batimétricos.

#### 2.1.1 Resultados de Nível e Temperatura

As marés na região de Imbituba são classificadas como micro-marés, não chegando a atingir 1,5 m de amplitude. A maré na área de estudo foi definida como tipo semi-diurna com desigualdade diurna, caracterizada por apresentar duas preamares e duas baixa-mares ao dia, conforme Catálogo de estações maregráficas Brasileiras estabelecido pela Fundação de Estudos do Mar para o Porto de Imbituba (Figura 2). O número de forma, definido a partir da relação entre as componentes diurnas e semi-diurna da maré foi igual a 0,77, segundo equação 1, proposta por Defant (1961):

**Equação 1. Cálculo do número de forma. Onde: K1 é a maré diurna solar; O1 é a maré diurna lunar; M2 é a maré semi-diurna lunar e S2 é a maré semi-diurna solar.**

$$F = \frac{K1 + O1}{M2 + S2}$$

A partir do número de forma são caracterizadas quatro classes: Semi-diurna (0 – 0,25); Mista com predominância semi-diurna (0,25 – 1,5); Mista com predominância diurna (1,5 – 3,0) e Diurna (maior que 3,0).

FEMAR-FUNDAÇÃO DE ESTUDOS DO MAR *Catálogo de Estações Maregráficas Brasileiras*

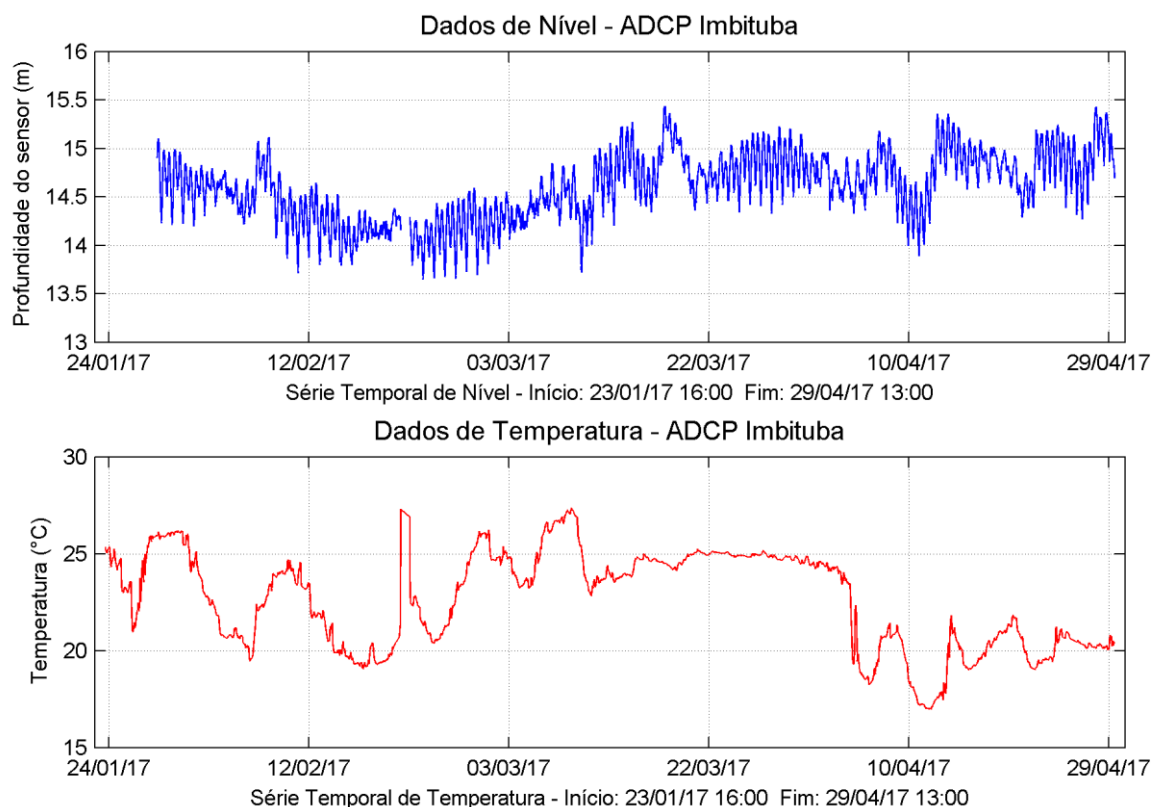
<b>Nome da Estação :</b> IMBITUBA (PORTO) – SC					
<b>Localização :</b> No cais de carvão					
<b>Organ. Responsável :</b> DHN / IAGS / INPH					
<b>Latitude :</b> 28° 13,8' S		<b>Longitude :</b> 48° 39,0' W			
<b>Período Analisado :</b> 01/01/57 a 31/12/57		<b>Nº de Componentes :</b> 60			
<b>Análise Harmônica :</b> Método Tidal Liverpool Institute					
<b>Classificação :</b> Maré de Desigualdades Diurnas					
<b>Estabelecimento do Porto:</b> (HWF&C)		I H 45 min	<b>Nível Médio (Zo):</b>		37 cm acima do NR.
<b>Média das Preamares Superiores (MHHW) :</b>		68 cm acima do NR.	<b>Média das Preamares Inferiores (MLHW) :</b>		52 cm acima do NR.
<b>Média das Baixa-mares Superiores (MHLW) :</b>		24 cm acima do NR.	<b>Média das Baixa-mares Inferiores (MLLW) :</b>		4 cm acima do NR.
<b>CONSTANTES HARMÔNICAS SELECIONADAS</b>					
Componentes	Semi-amplitude (H) cm	Fase (g) graus (°)	Componentes	Semi-amplitude (H) cm	Fase (g) graus (°)
Sa	4,0	031	MU <sub>2</sub>	1,1	094
Ssa	7,4	287	N <sub>2</sub>	3,8	156
Mm	2,8	185	NU <sub>2</sub>	0,5	190
Mf	3,1	126	M <sub>2</sub>	13,2	063
MTM	-	-	L <sub>2</sub>	2,3	295
Msf	3,1	088	T <sub>2</sub>	-	-
Q <sub>1</sub>	3,3	048	S <sub>2</sub>	10,0	056
O <sub>1</sub>	11,2	072	K <sub>2</sub>	3,4	045
M <sub>1</sub>	0,7	103	MO <sub>3</sub>	-	-
P <sub>1</sub>	1,9	118	M <sub>3</sub>	1,4	155
K <sub>1</sub>	6,7	131	MK <sub>3</sub>	0,7	012
J <sub>1</sub>	0,3	170	MN <sub>4</sub>	0,4	344
OO <sub>1</sub>	-	-	M <sub>4</sub>	3,1	355
MNS <sub>2</sub>	-	-	SN <sub>4</sub>	-	-
2N <sub>2</sub>	0,9	130	MS <sub>4</sub>	1,2	078
<b>Referências de Nível:</b> RN-1 localizada junto à casa de força na entrada do porto.					
<b>Obs:</b> Outros Períodos: 25/08/48 a 25/08/49; 10/10/54 a 11/11/54; 01/01/55 a 01/02/55 Consta das Tábuas das Marés.					

Código BNDO: 60250

- 268 -

**Figura 2. Descrição da Estação Maregráfica do Porto de Imbituba.**

Na Figura 3 são apresentadas as séries temporais de temperatura e altura da coluna d'água registradas pelos equipamentos ao longo do período de medição do presente estudo.



**Figura 3. Séries temporais da altura da coluna d'água e temperatura medidas pelo ADCP.**

Verifica-se que ao longo do período considerado a altura média da coluna d'água medida foi de 14,78 m. Considerando que este sensor estava aproximadamente 0,35 m acima do leito marinho, determina-se que a profundidade média no local onde o equipamento estava instalado era de 15,13 m, sendo a máxima profundidade medida 15,81 m e a mínima 14,25 m.

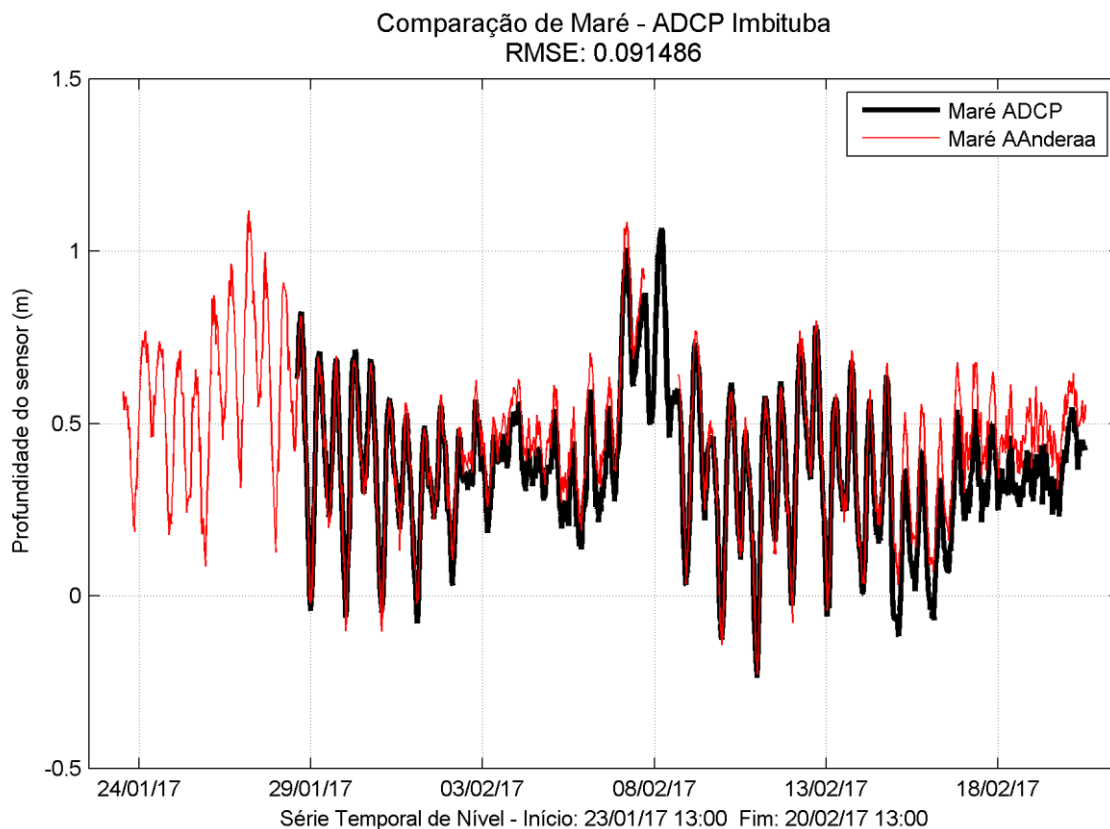
Subtraindo-se do nível médio medido pelo ADCP o valor de  $Z_0$ , que representa a distância entre esse nível médio e o Nível de Referência da DHN, foi possível obter o Fator de Redução dos dados para este NR. Para verificar a consistência desse procedimento, assim como o bom funcionamento dos equipamentos, realizou-se a comparação entre os dados de nível obtidos pelo ADCP e àqueles medidos pelo marégrafo instalado dentro da área portuária durante o período de validação de consistência dos dados apresentados no relatório 5270205-IH-HS-RP-0001 (Figura 4).

Como parâmetro para comparar os dados obtidos por ambos os equipamentos, foi calculado o RMSE (*root mean square error*) ou erro quadrático médio, dado por:

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

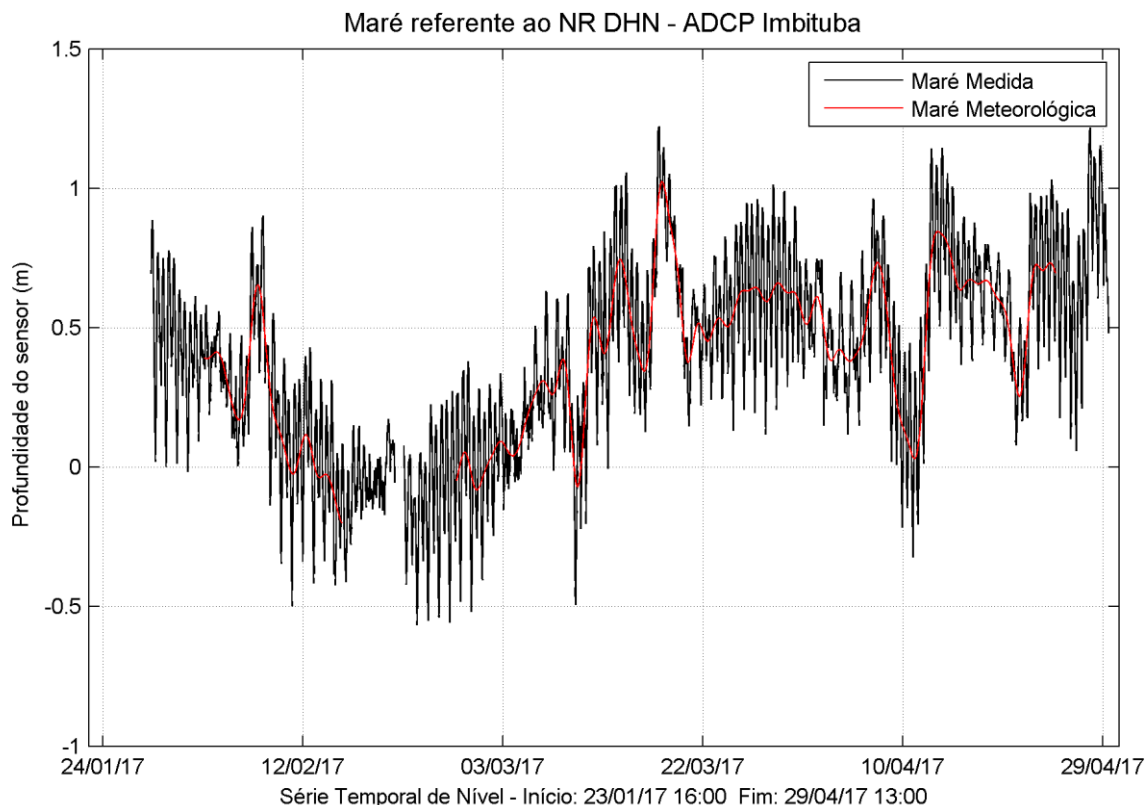
Onde: **P** representa a maré medida pelo ADCP e **O** a maré medida pelo marégrafo.

O RMSE resultante, de 0,09 m, indica que houve uma boa concordância entre as séries temporais mediadas pelo ADCP e pelo marégrafo, validando assim o procedimento empregado no nivelamento.



**Figura 4. Comparação de séries temporais de maré medidas pelo ADCP e pelo marégrafo.**

A série temporal de maré referenciada ao NR da DHN é apresentada na Figura 5 em conjunto com a série de maré meteorológica, obtida através da aplicação de um filtro passa-baixa desenvolvido especialmente para este fim.



**Figura 5. Séries temporais de maré medida e maré meteorológica, referenciadas ao NR DHN.**

O nível mínimo de maré medida foi de -0,76 m e o nível máximo de 1,22 m. A amplitude máxima de variação dentro de um mesmo ciclo de maré foi de 0,78 m, verificada entre o dia 21 e 22/04/2017.

### 2.1.2 Medições de Correntes

Os resultados das medições de correntes realizadas na enseada do Porto de Imbituba são apresentados na forma de séries temporais das componentes u e v das correntes, séries temporais de velocidade e direção das correntes, diagramas *stick plot* e diagramas polares de ocorrência das correntes - DPO (Figura 6 até Figura 122). Considerando que o equipamento que registrou esses dados era um perfilador de correntes, os dados são apresentados nessas figuras para cada célula vertical ao longo da coluna d'água. A exceção fica por conta da figura do perfil vertical de correntes, na qual todas as células são apresentadas juntas (Figura 114 e Figura 115). Esse último resultado apresenta as distribuições de ocorrência de correntes no eixo Leste-Oeste (componente u) e Norte-Sul (componente v).

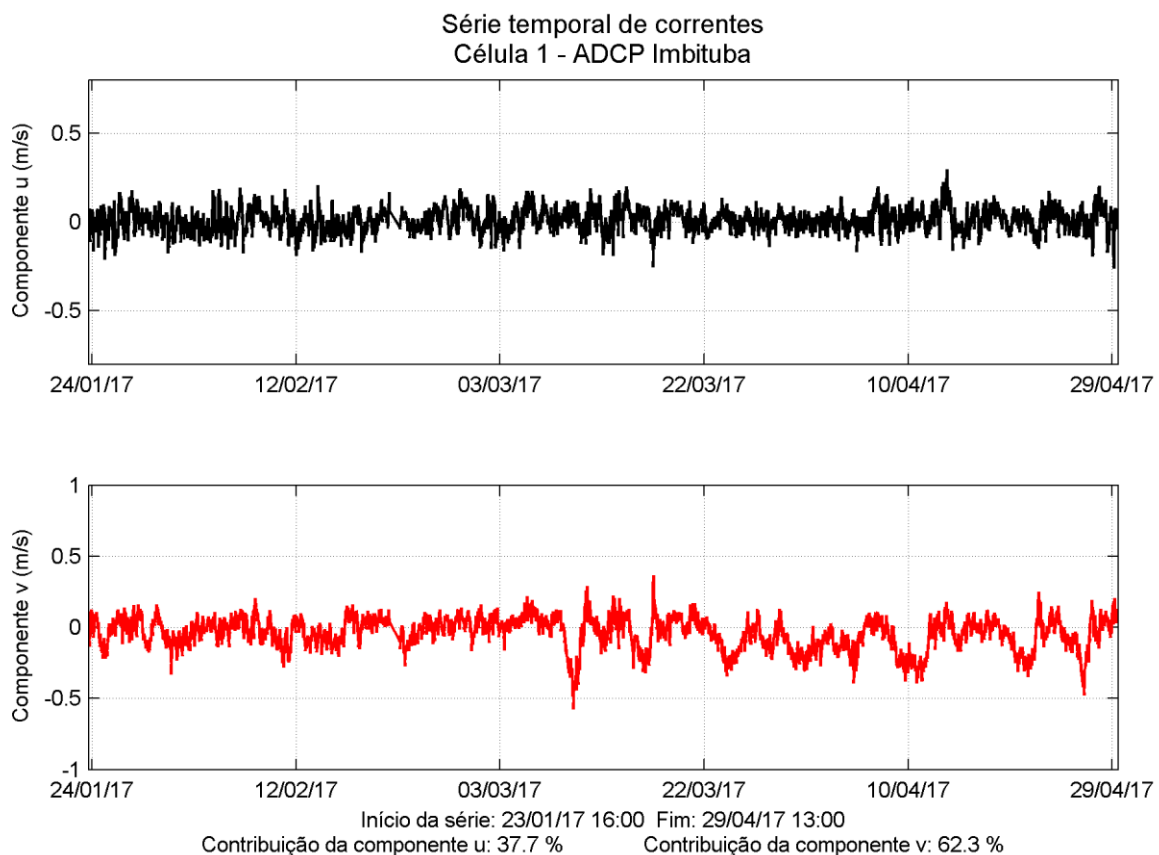
As séries temporais das componentes u e v (Figura 6 a Figura 17) apresentam a velocidade da corrente (m/s) no sentido Leste-Oeste (componente u) e Norte-Sul (componente v). Analisando esse resultado para a média ao longo da coluna d'água verifica-se que a



componente u (leste-oeste) tem contribuição de 30,08% na velocidade da corrente, enquanto a componente v (norte-sul) tem contribuição de 69,93%, indicando uma corrente mais energética na direção Norte-Sul. Verifica-se que a componente u (Leste-Oeste) apresenta padrão equilibrado oscilando ao redor de 0, com apenas uma leve deriva para Leste nas células superiores, com exceção da célula 12 onde o padrão volta a ser equilibrado. A componente v (Norte-Sul), por sua vez, apresenta valores negativos na maior parte do tempo, indicando a deriva predominante para Sul, especialmente nas células mais próximas da superfície.

Quanto à intensidade, as correntes de sentido Norte-Sul (componente v) se apresentaram mais intensas, com valores oscilando entre os limites -0,57 m/s e +0,37 m/s próximo ao fundo (célula 1), e -0,85 m/s e +0,52 m/s próximo à superfície (célula 12). Já as correntes de sentido Leste-Oeste (componente u) apresentaram valores que oscilaram entre os limites -0,26 m/s e +0,30 m/s próximo ao fundo (célula 1), e -0,43 m/s e +0,35 m/s próximo à superfície (célula 12).

As séries de velocidade e direção da corrente são apresentadas na Figura 18 até Figura 29. Verifica-se que as maiores velocidades ocorreram próximo à superfície (célula 12), onde chegaram a atingir 0,85 m/s. Junto ao fundo a velocidade máxima não ultrapassou 0,57 m/s, enquanto que no estrato intermediário da coluna d'água a velocidade máxima foi de 0,65 m/s (célula 7).



**Figura 6. Série temporal das componentes u e v das correntes medidas na célula 1.**

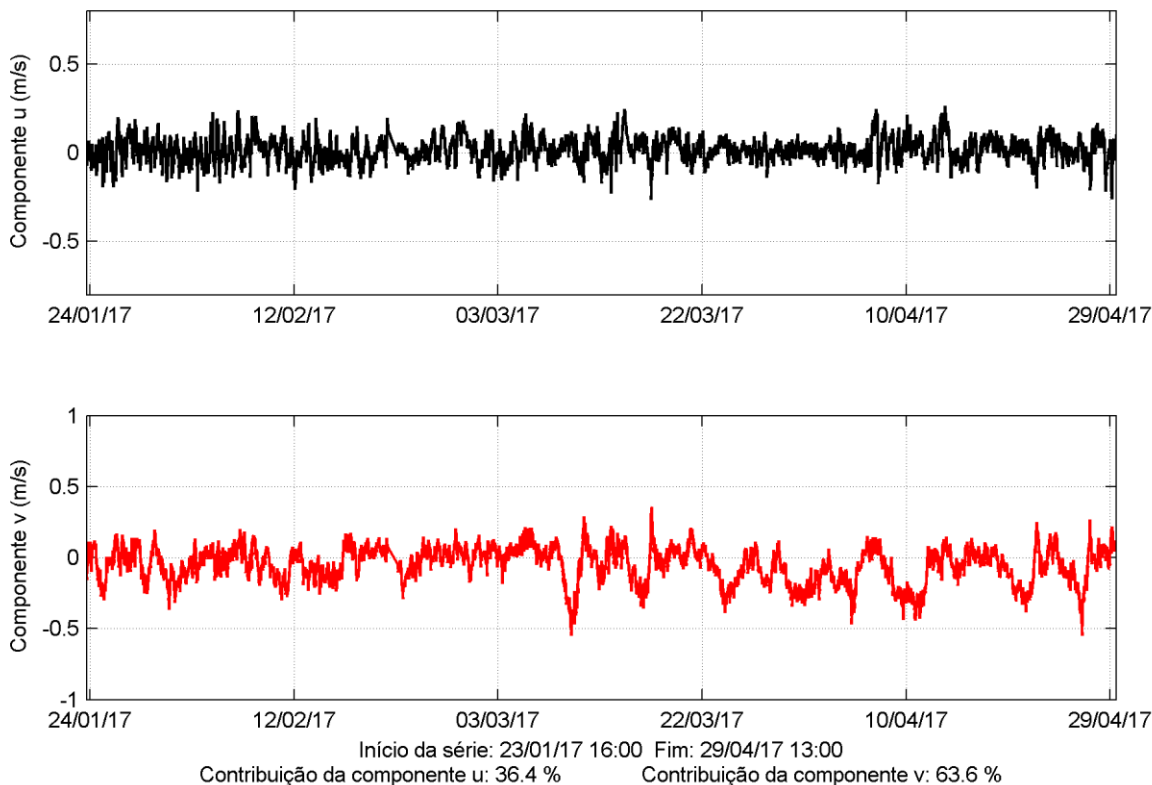
Série temporal de correntes  
Célula 2 - ADCP Imbituba

Figura 7. Série temporal das componentes u e v das correntes medidas na célula 2.

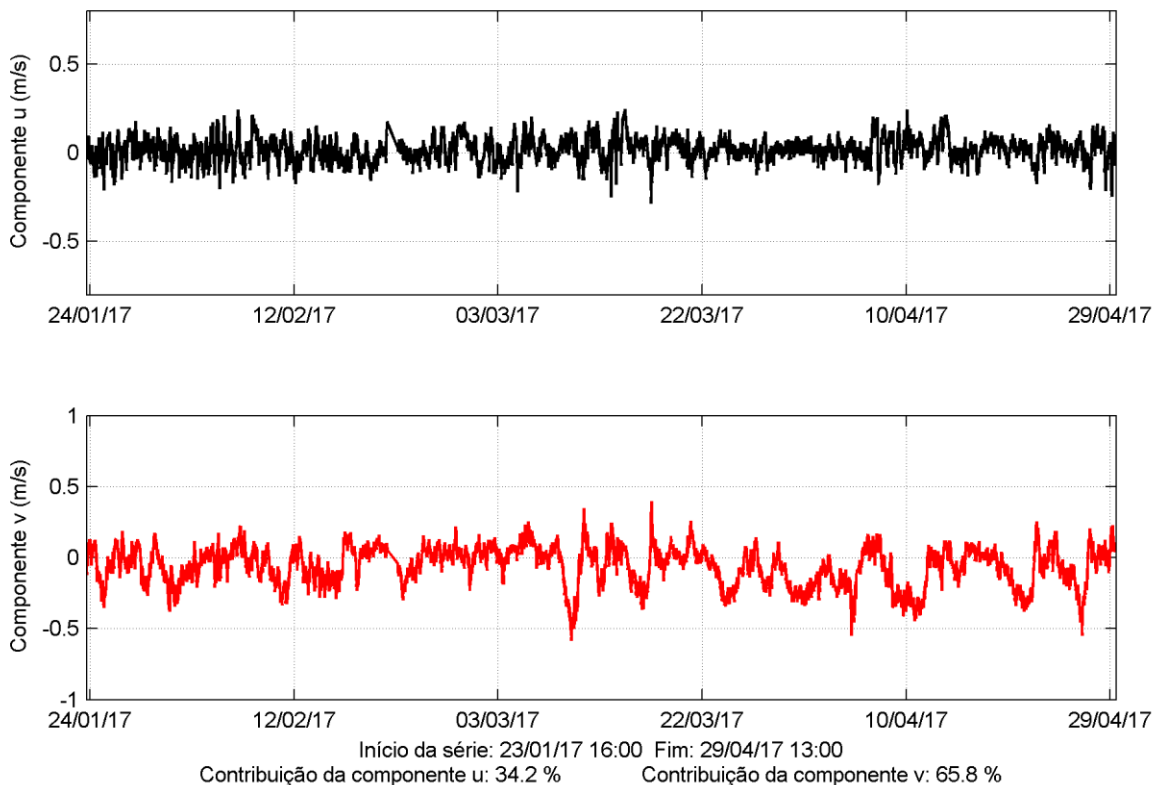
Série temporal de correntes  
Célula 3 - ADCP Imbituba

Figura 8. Série temporal das componentes u e v das correntes medidas na célula 3.



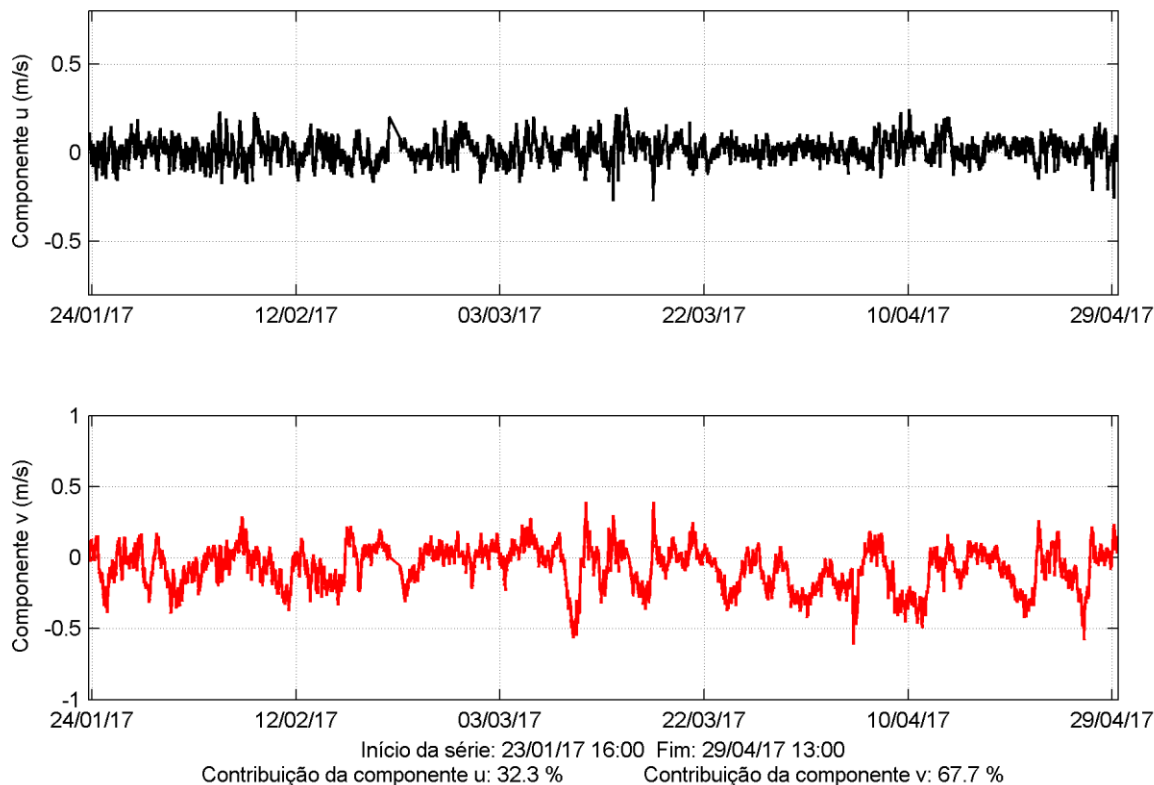
Série temporal de correntes  
Célula 4 - ADCP Imbituba

Figura 9. Série temporal das componentes u e v das correntes medidas na célula 4.

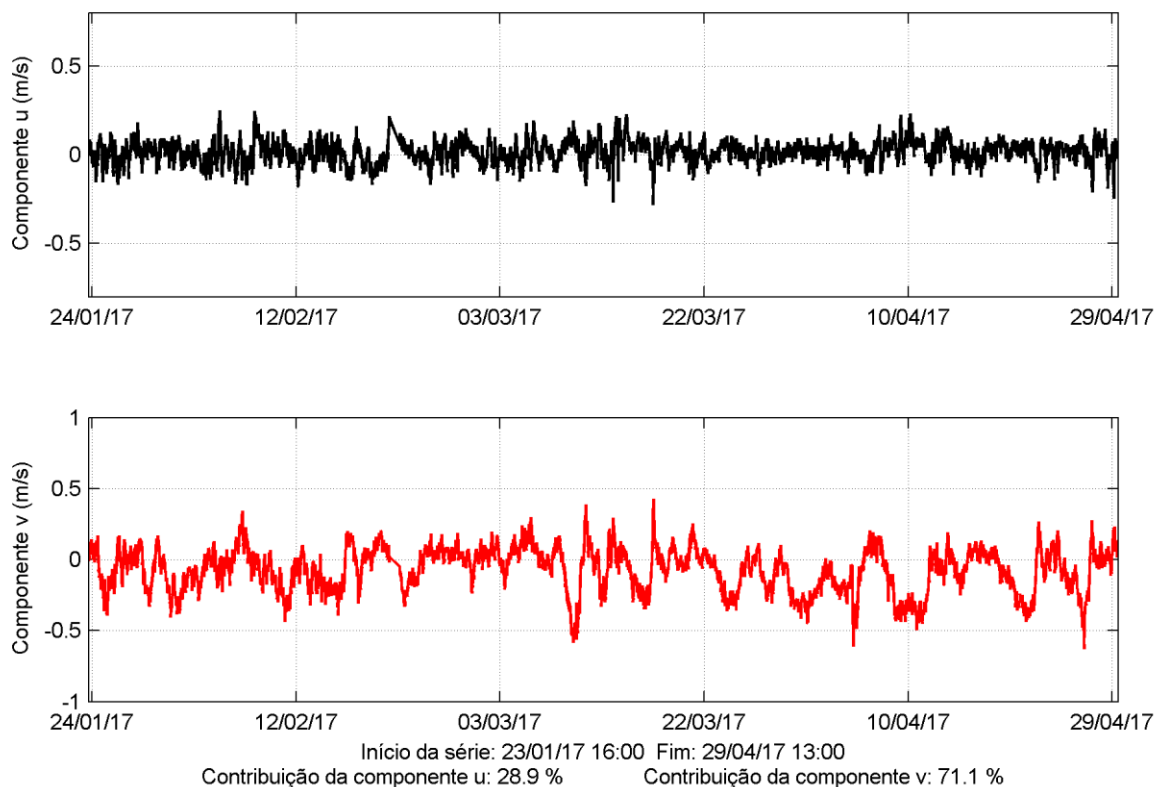
Série temporal de correntes  
Célula 5 - ADCP Imbituba

Figura 10. Série temporal das componentes u e v das correntes medidas na célula 5.

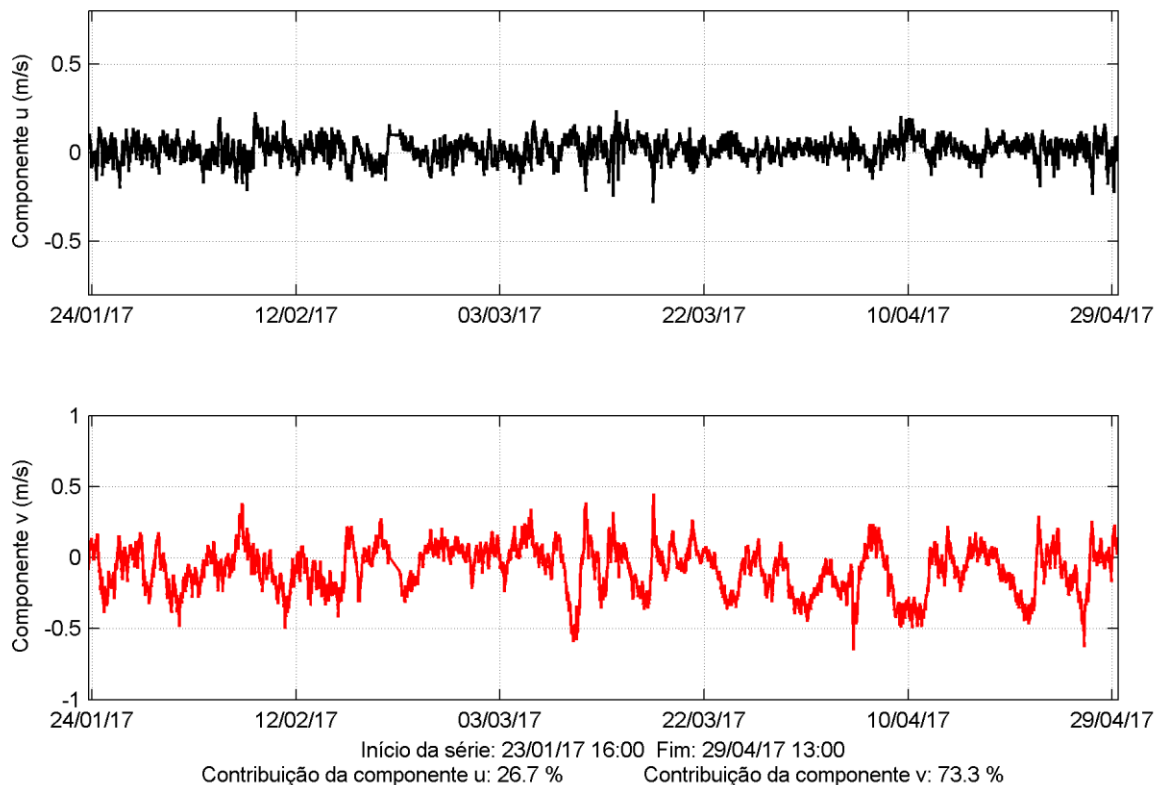
Série temporal de correntes  
Célula 6 - ADCP Imbituba

Figura 11. Série temporal das componentes u e v das correntes medidas na célula 6.

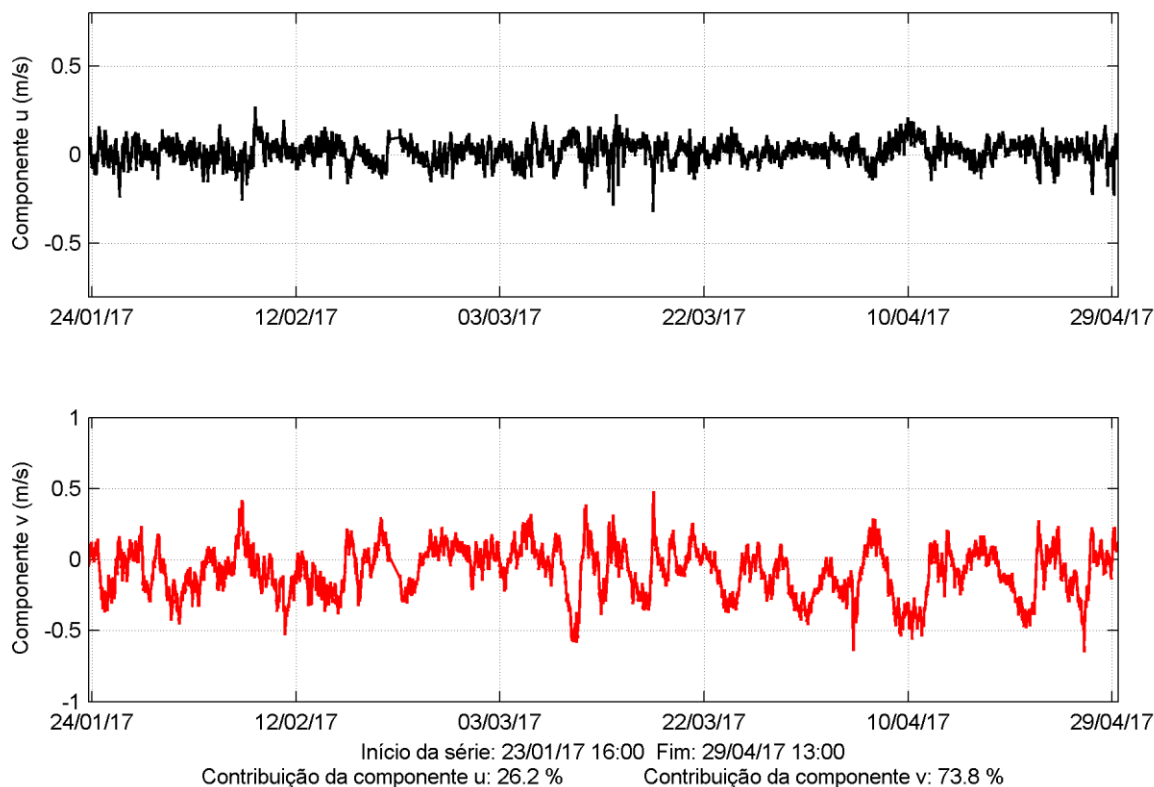
Série temporal de correntes  
Célula 7 - ADCP Imbituba

Figura 12. Série temporal das componentes u e v das correntes medidas na célula 7.

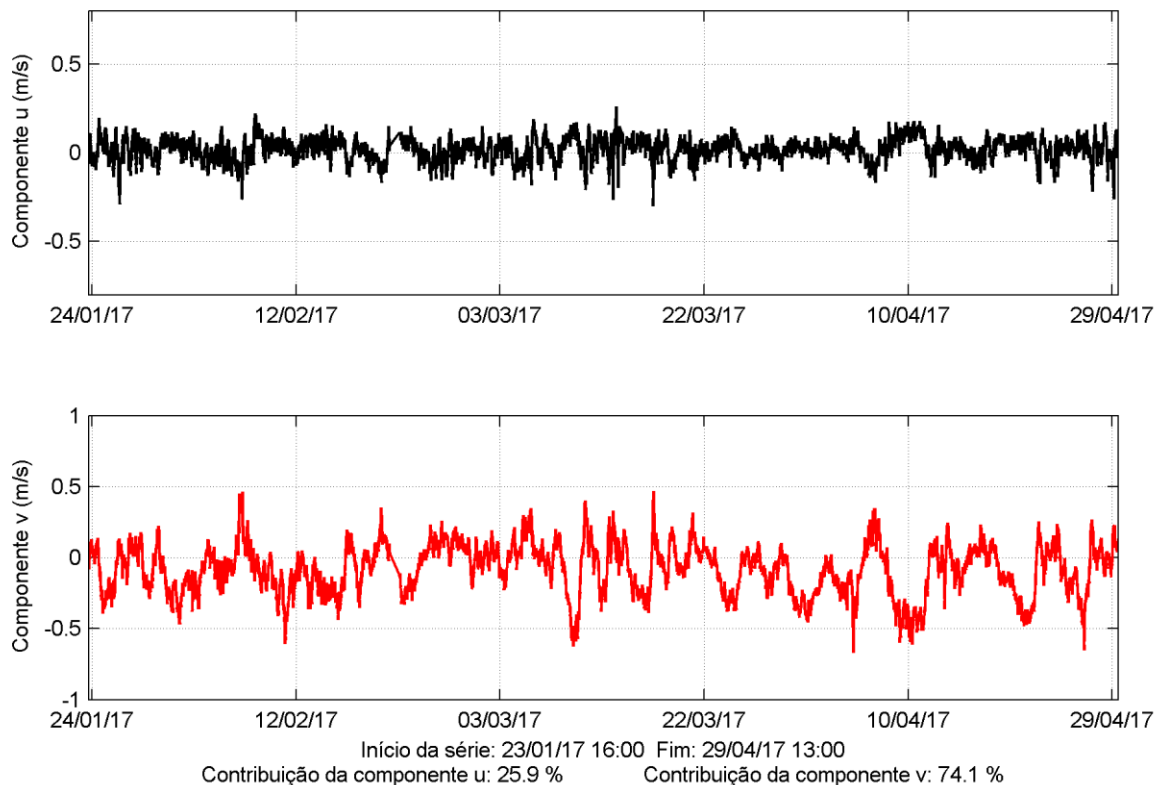
Série temporal de correntes  
Célula 8 - ADCP Imbituba

Figura 13. Série temporal das componentes u e v das correntes medidas na célula 8.

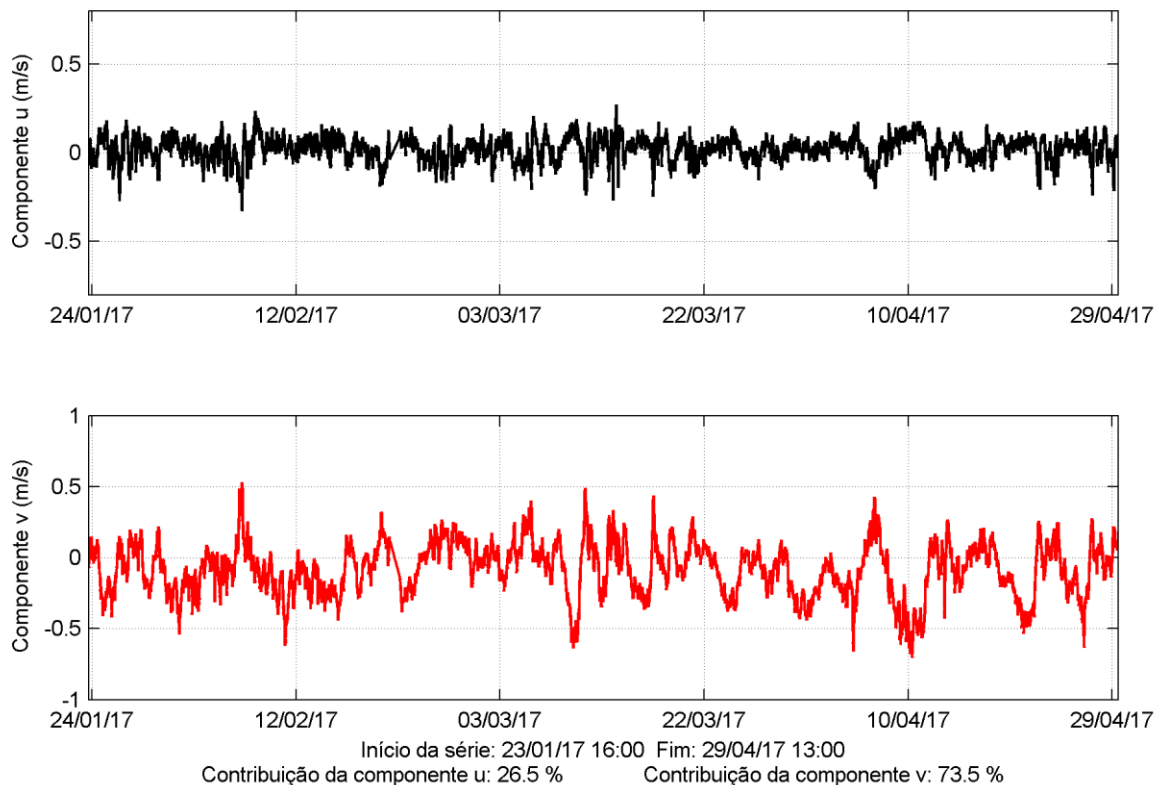
Série temporal de correntes  
Célula 9 - ADCP Imbituba

Figura 14. Série temporal das componentes u e v das correntes medidas na célula 9.

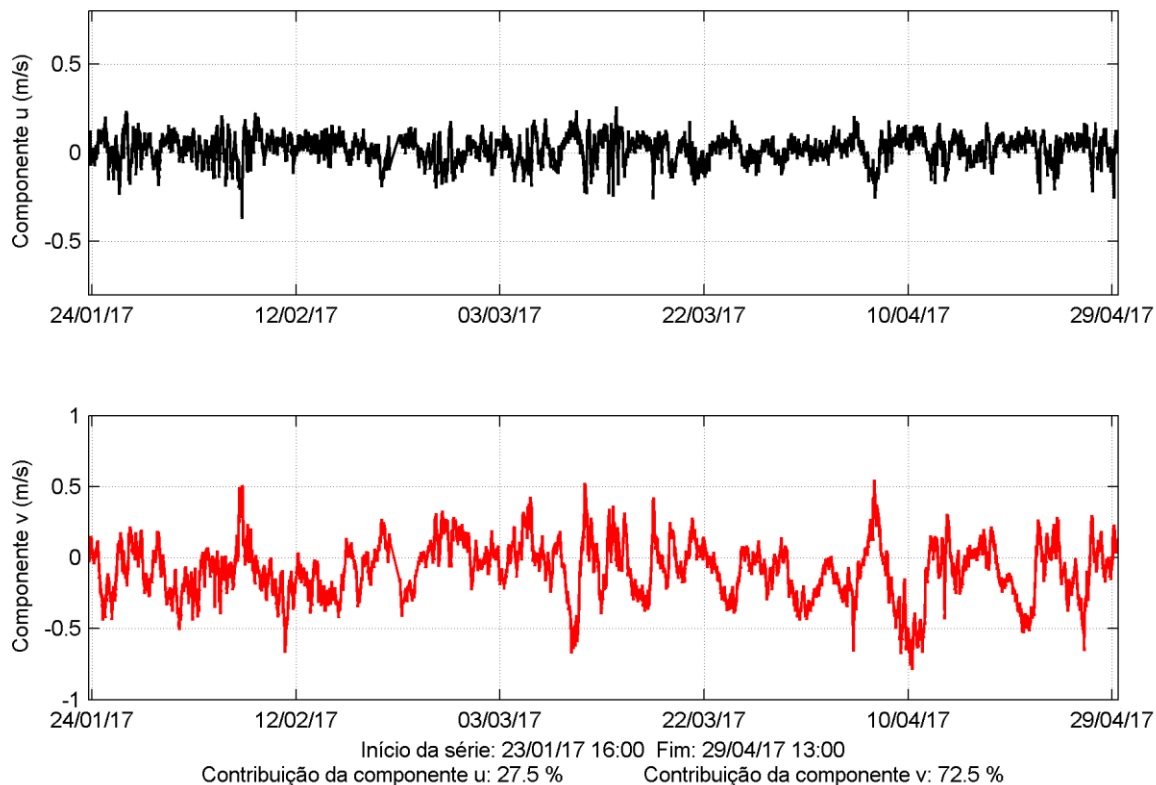
Série temporal de correntes  
Célula 10 - ADCP Imbituba

Figura 15. Série temporal das componentes u e v das correntes medidas na célula 10.

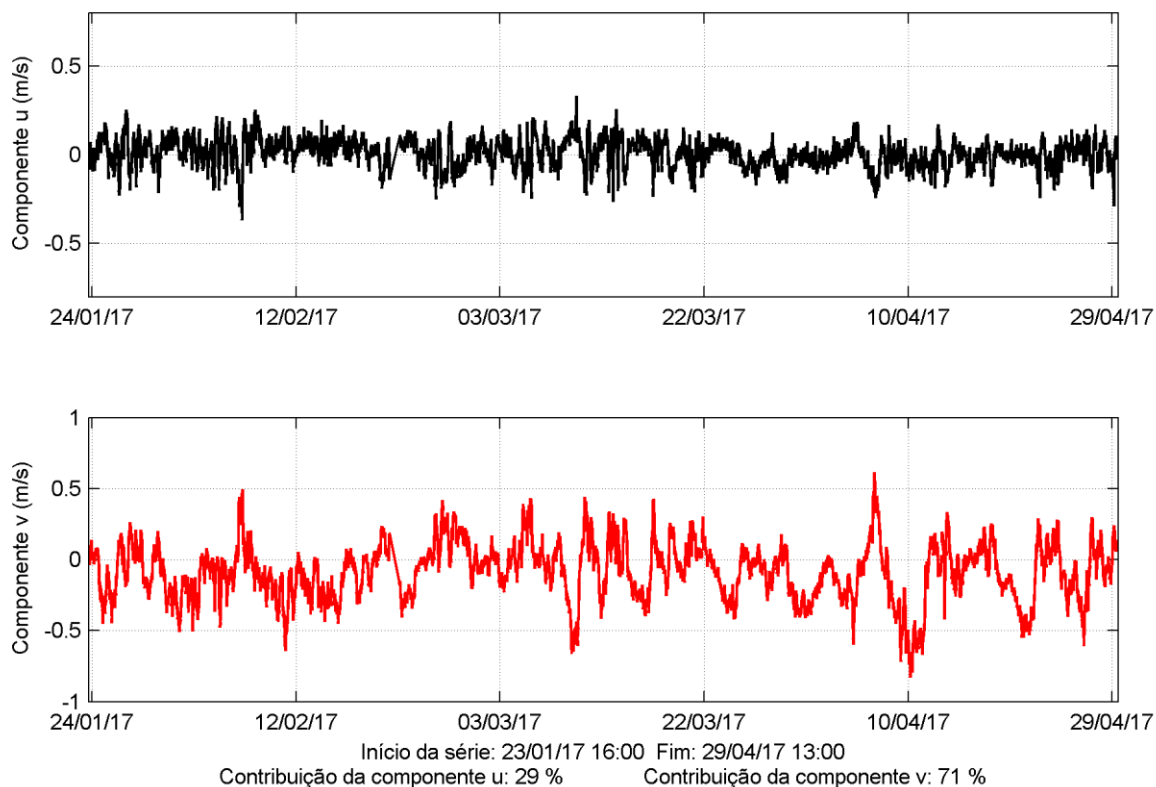
Série temporal de correntes  
Célula 11 - ADCP Imbituba

Figura 16. Série temporal das componentes u e v das correntes medidas na célula 11.

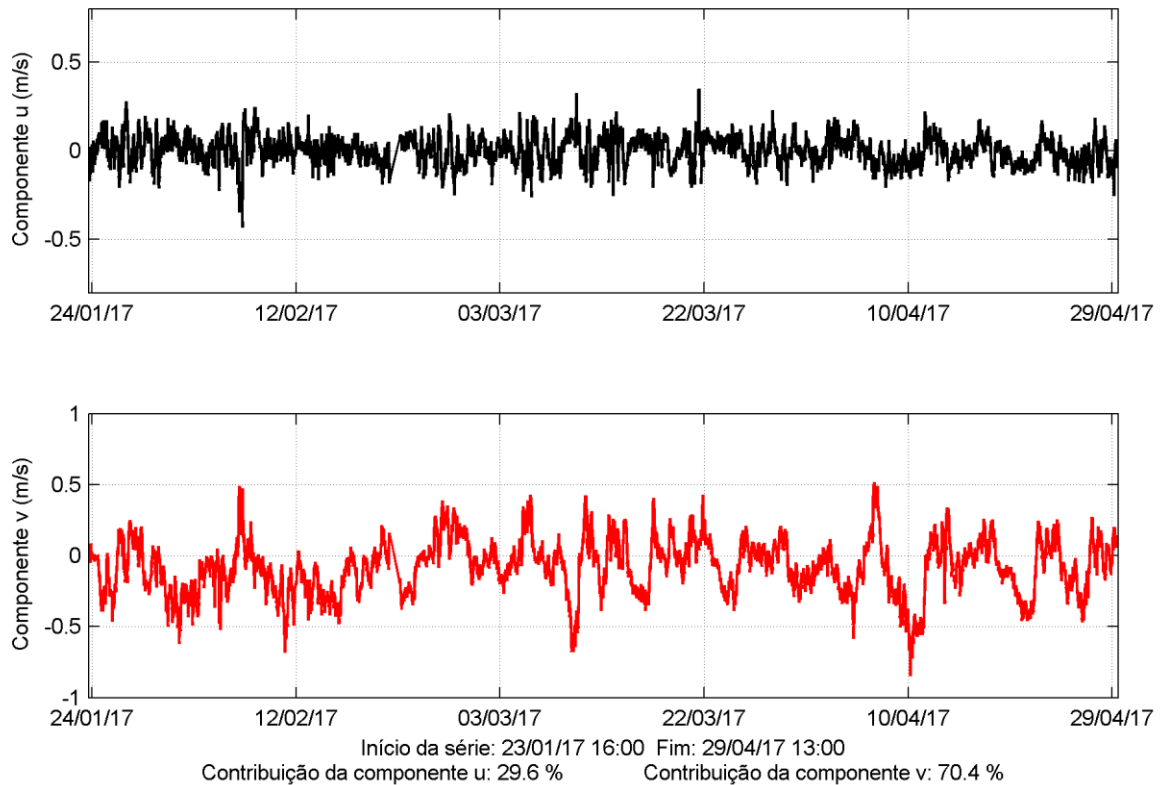
Série temporal de correntes  
Célula 12 - ADCP Imbituba

Figura 17. Série temporal das componentes u e v das correntes medidas na célula 12.

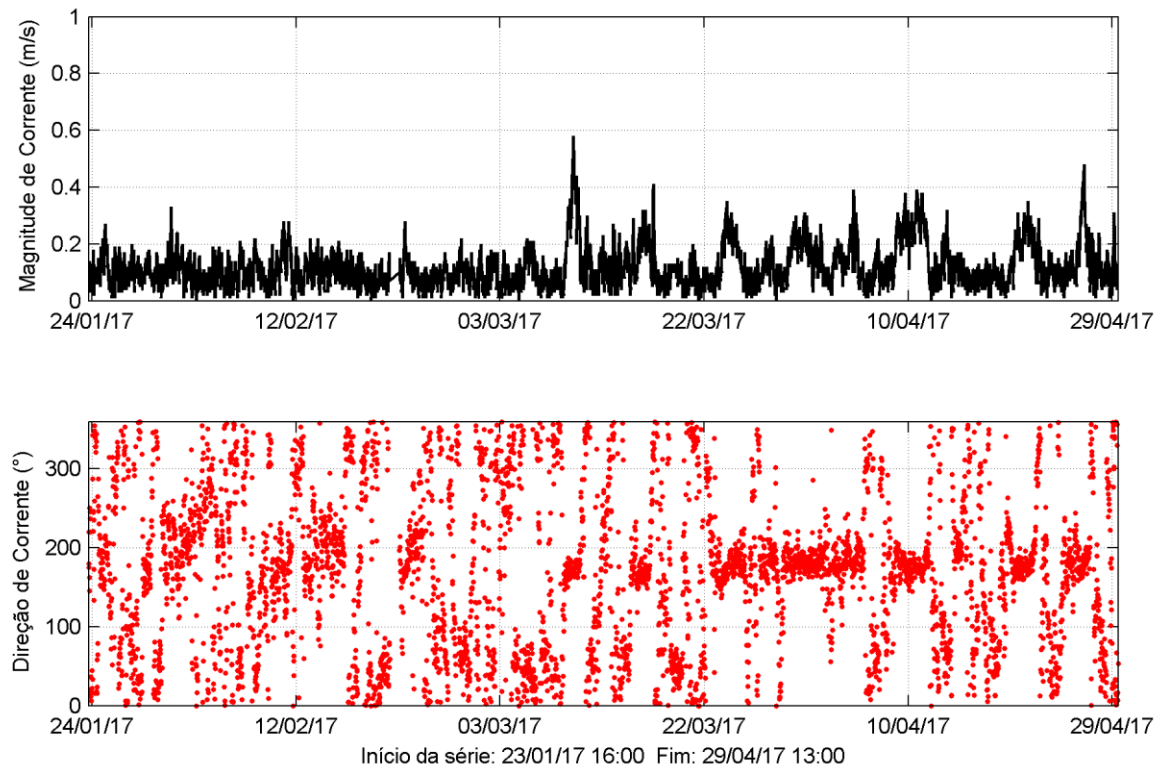
Série temporal de correntes  
Célula 1 - ADCP Imbituba

Figura 18. Série temporal de velocidade e direção das correntes medidas na célula 1.

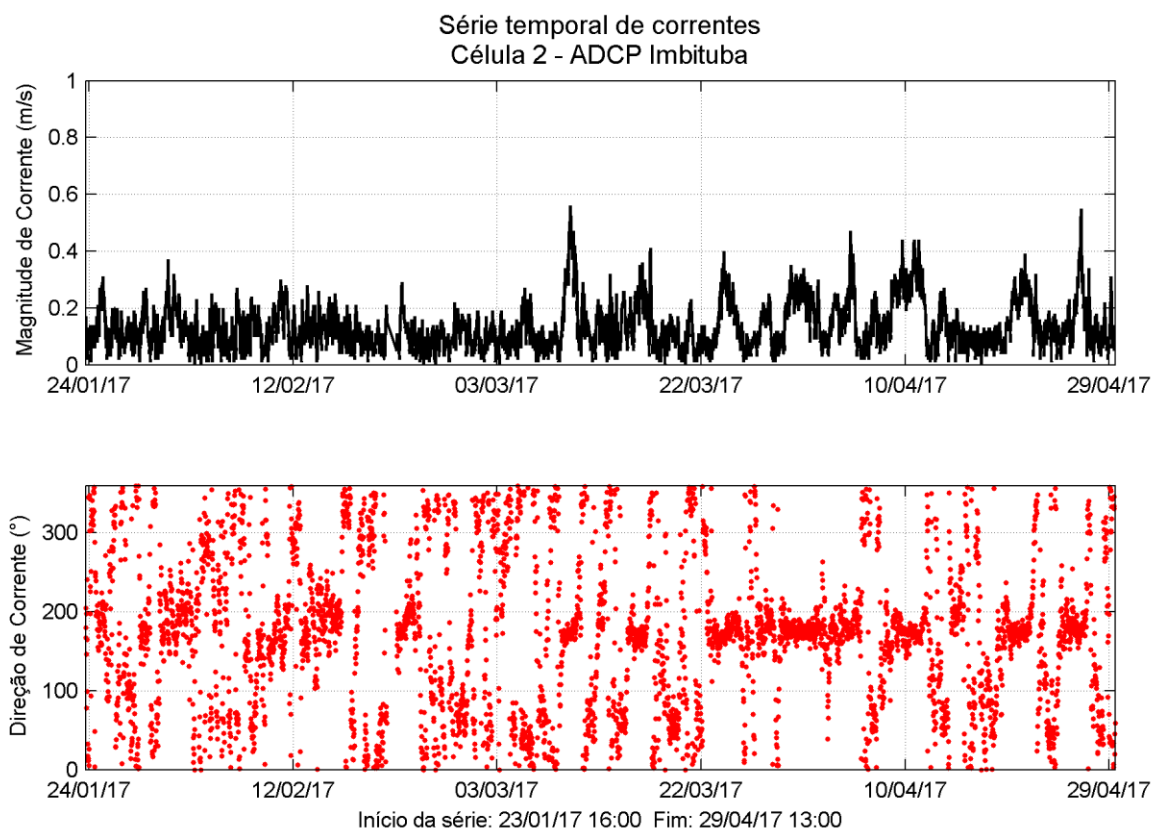


Figura 19. Série temporal de velocidade e direção das correntes medidas na célula 2.

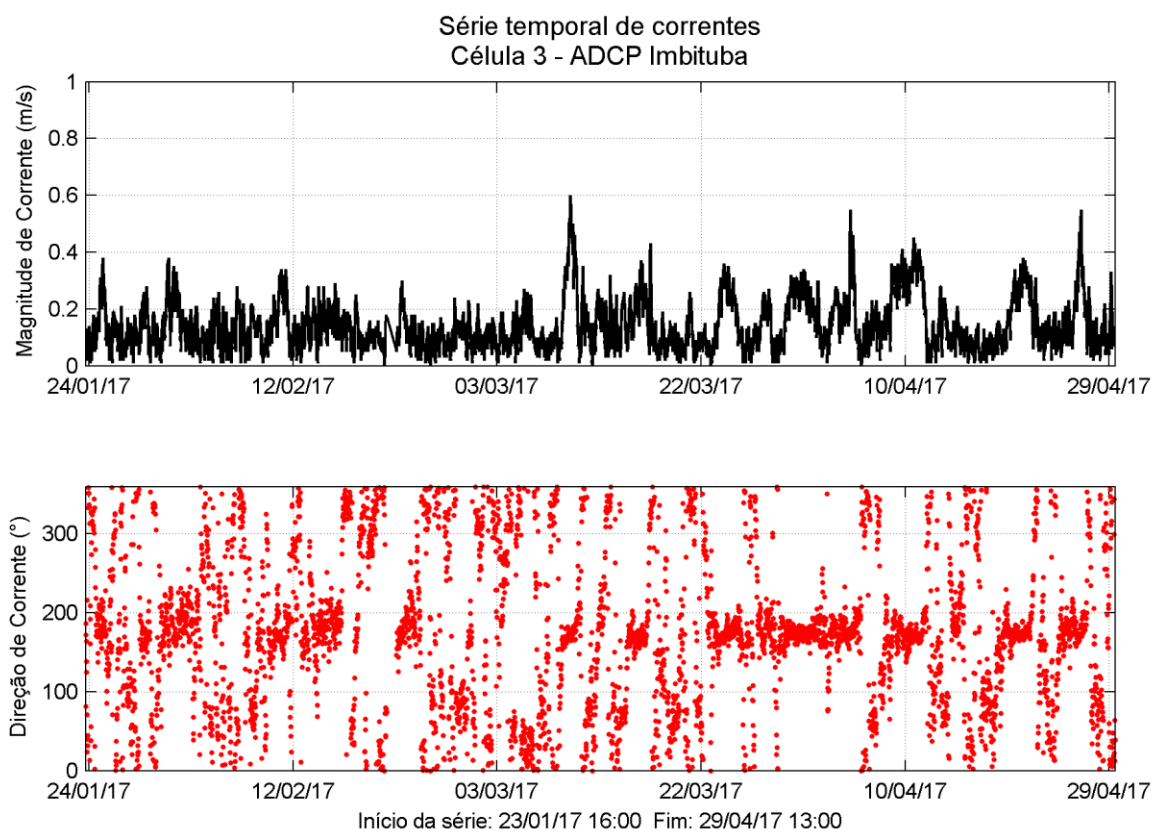


Figura 20. Série temporal de velocidade e direção das correntes medidas na célula 3.



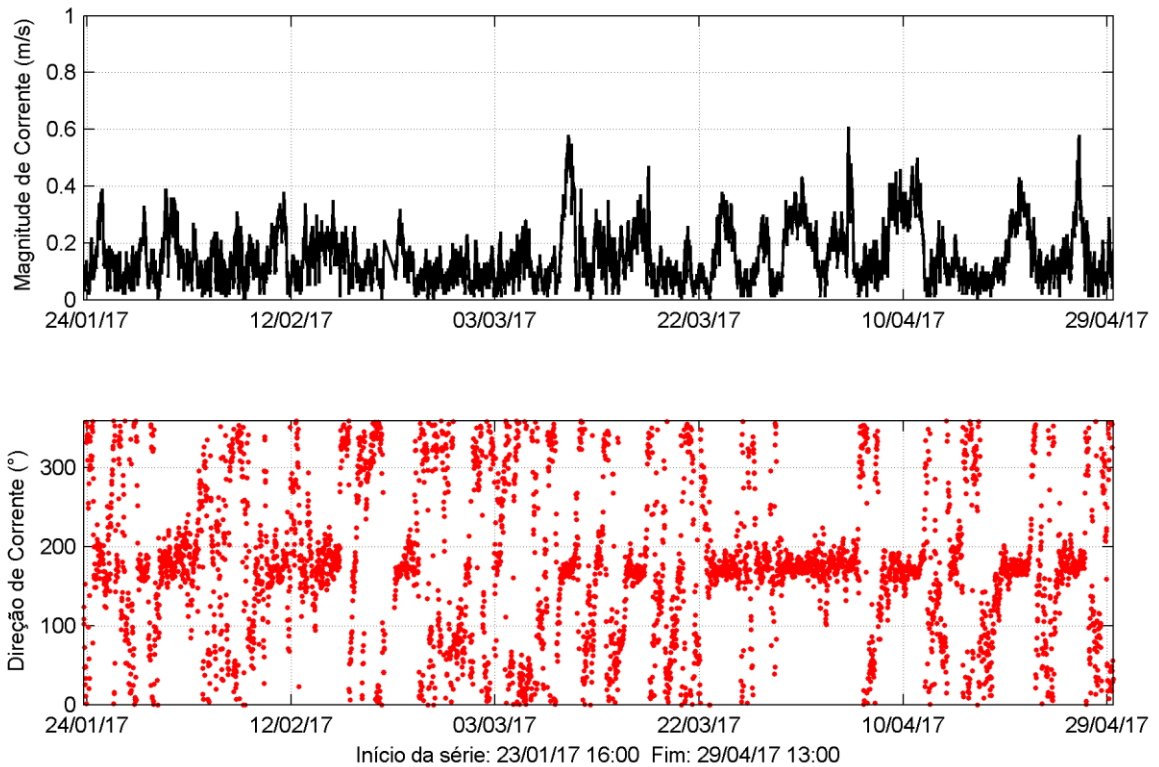
Série temporal de correntes  
Célula 4 - ADCP Imbituba

Figura 21. Série temporal de velocidade e direção das correntes medidas na célula 4.

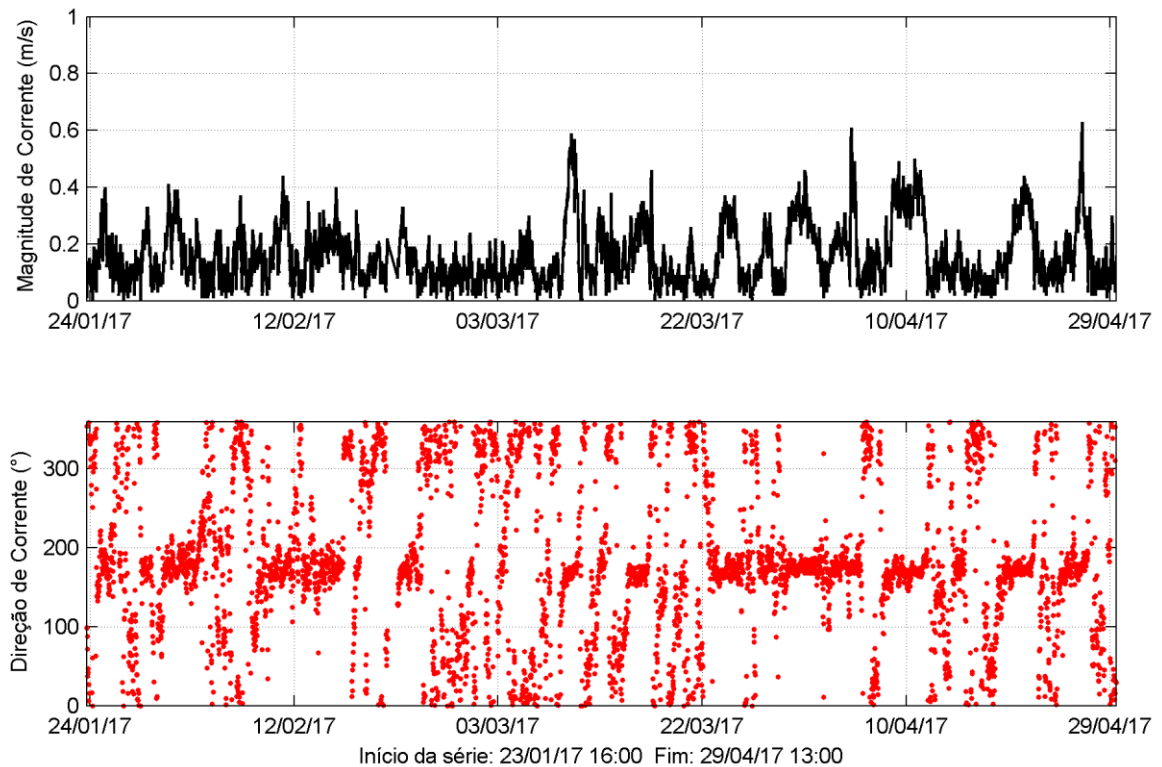
Série temporal de correntes  
Célula 5 - ADCP Imbituba

Figura 22. Série temporal de velocidade e direção das correntes medidas na célula 5.

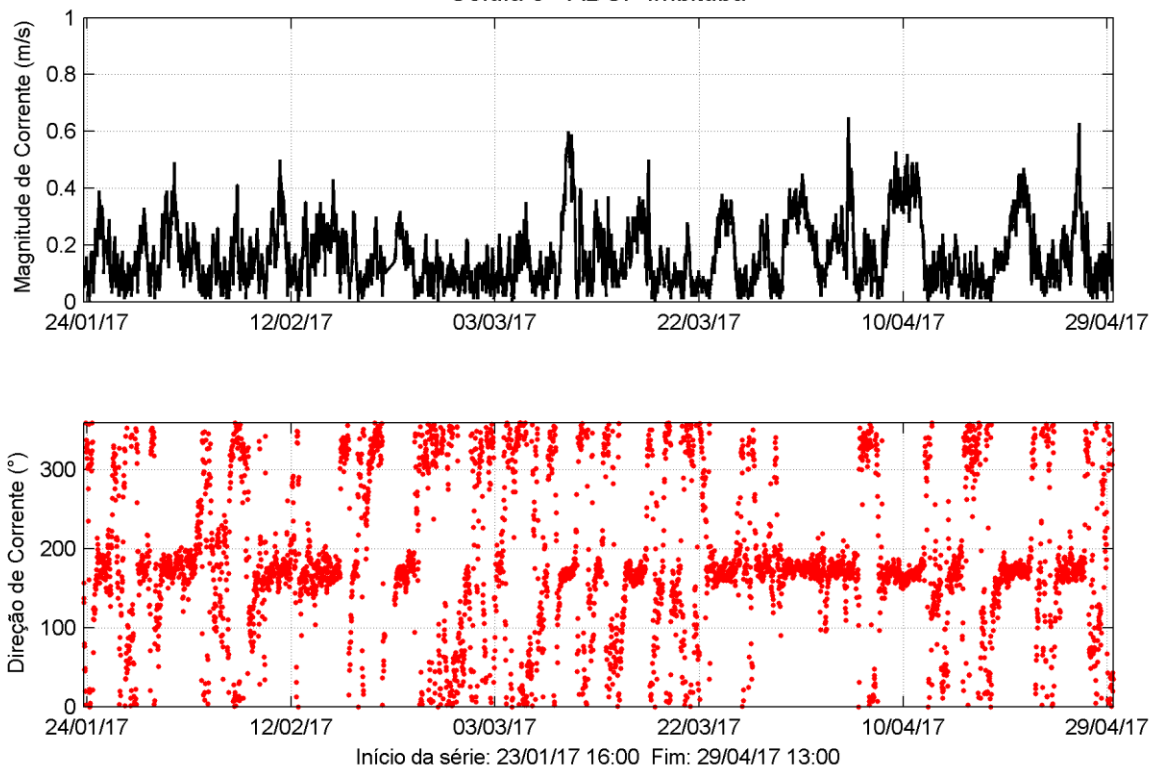
Série temporal de correntes  
Célula 6 - ADCP Imbituba

Figura 23. Série temporal de velocidade e direção das correntes medidas na célula 6.

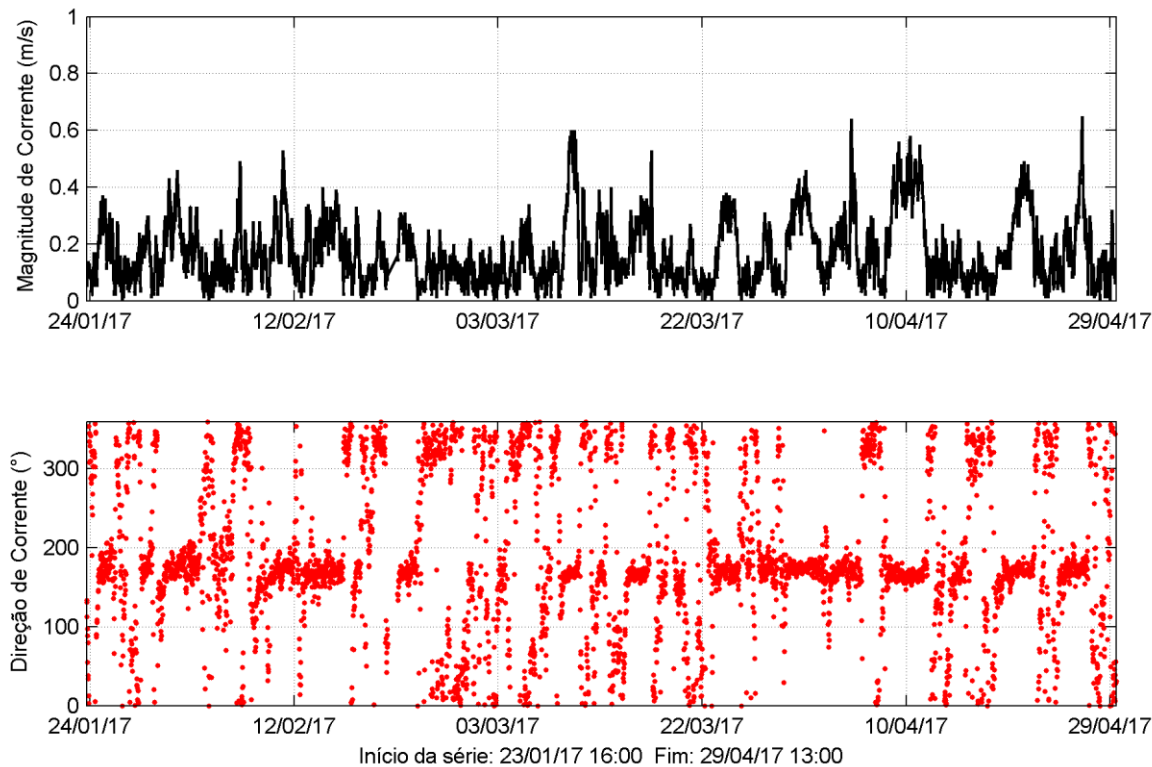
Série temporal de correntes  
Célula 7 - ADCP Imbituba

Figura 24. Série temporal de velocidade e direção das correntes medidas na célula 7.



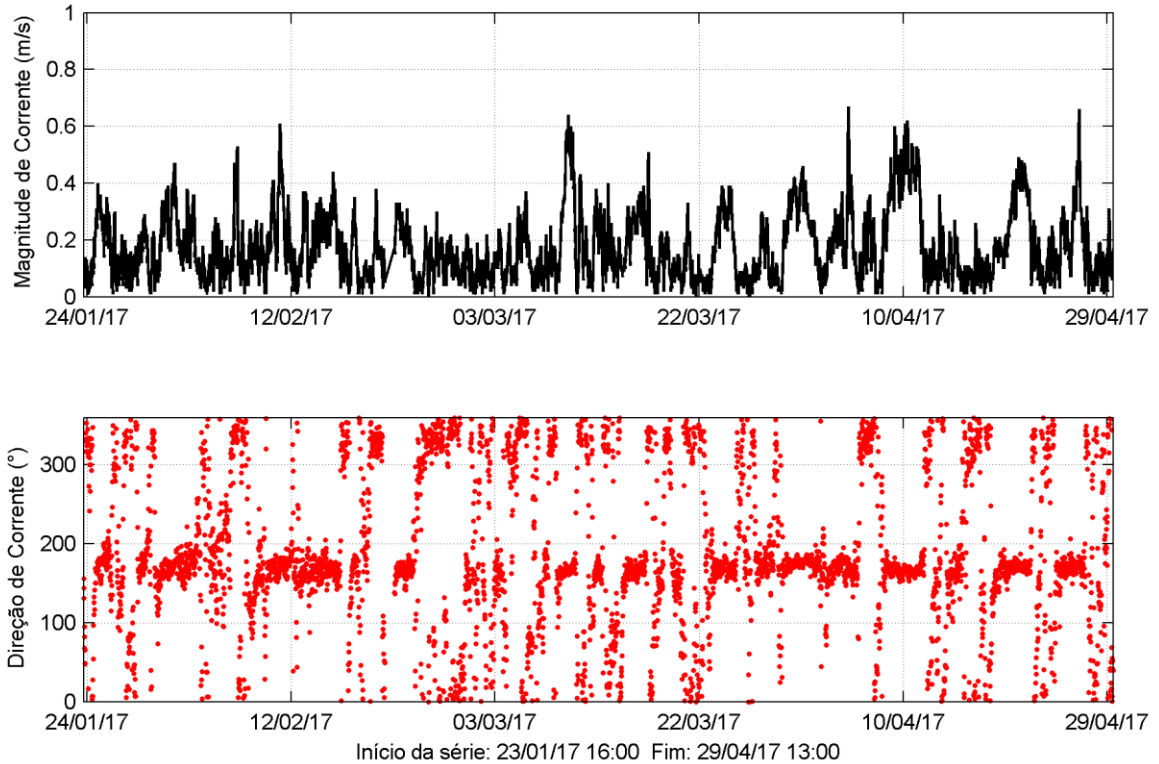
Série temporal de correntes  
Célula 8 - ADCP Imbituba

Figura 25. Série temporal de velocidade e direção das correntes medidas na célula 8.

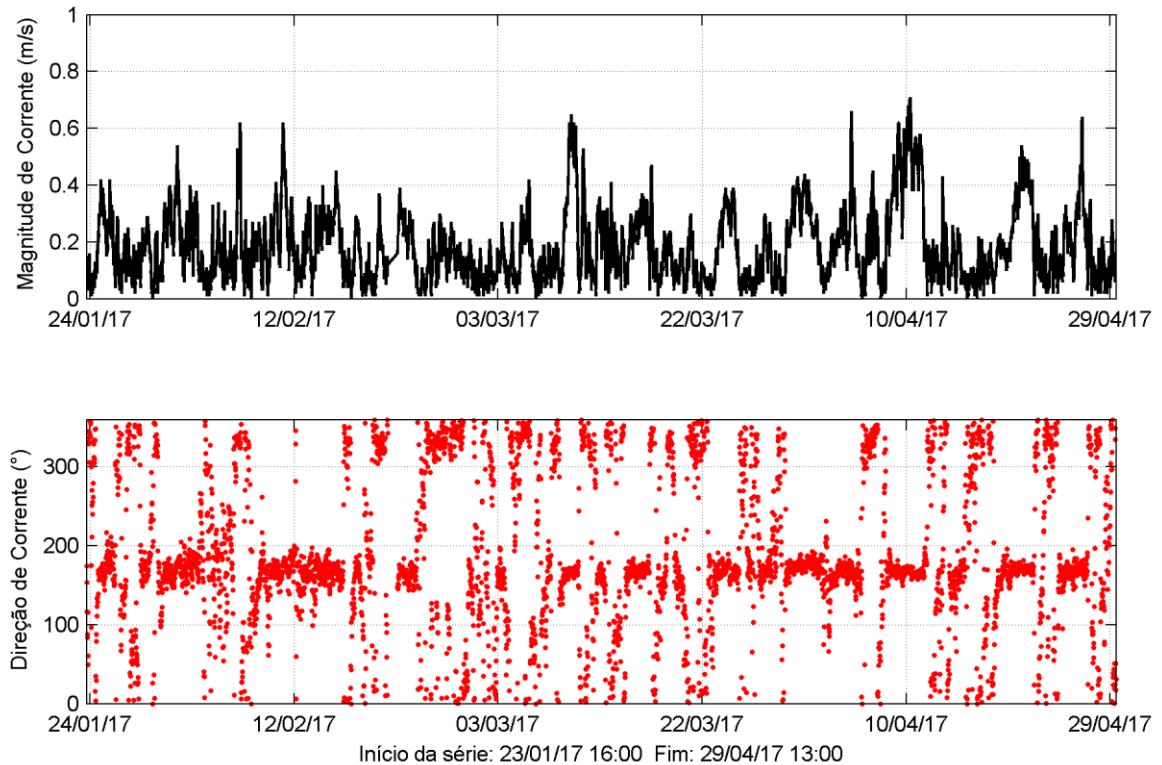
Série temporal de correntes  
Célula 9 - ADCP Imbituba

Figura 26. Série temporal de velocidade e direção das correntes medidas na célula 9.

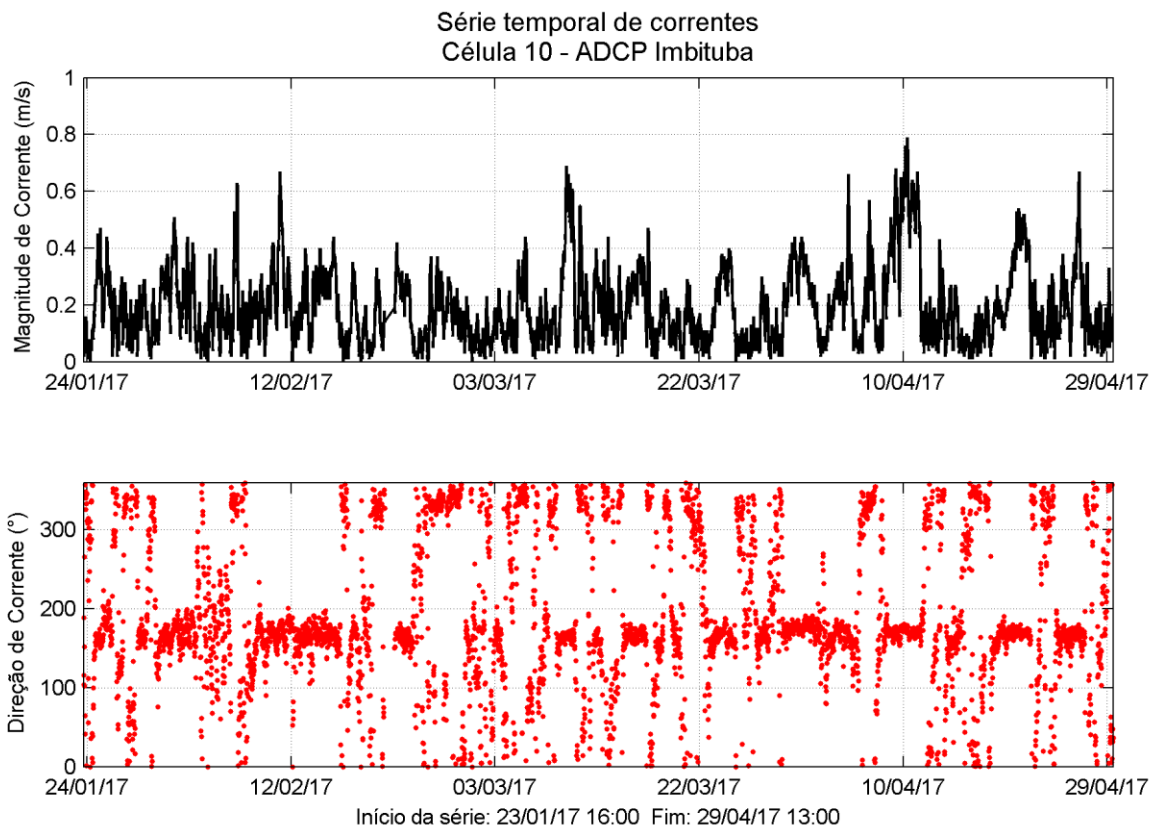


Figura 27. Série temporal de velocidade e direção das correntes medidas na célula 10.

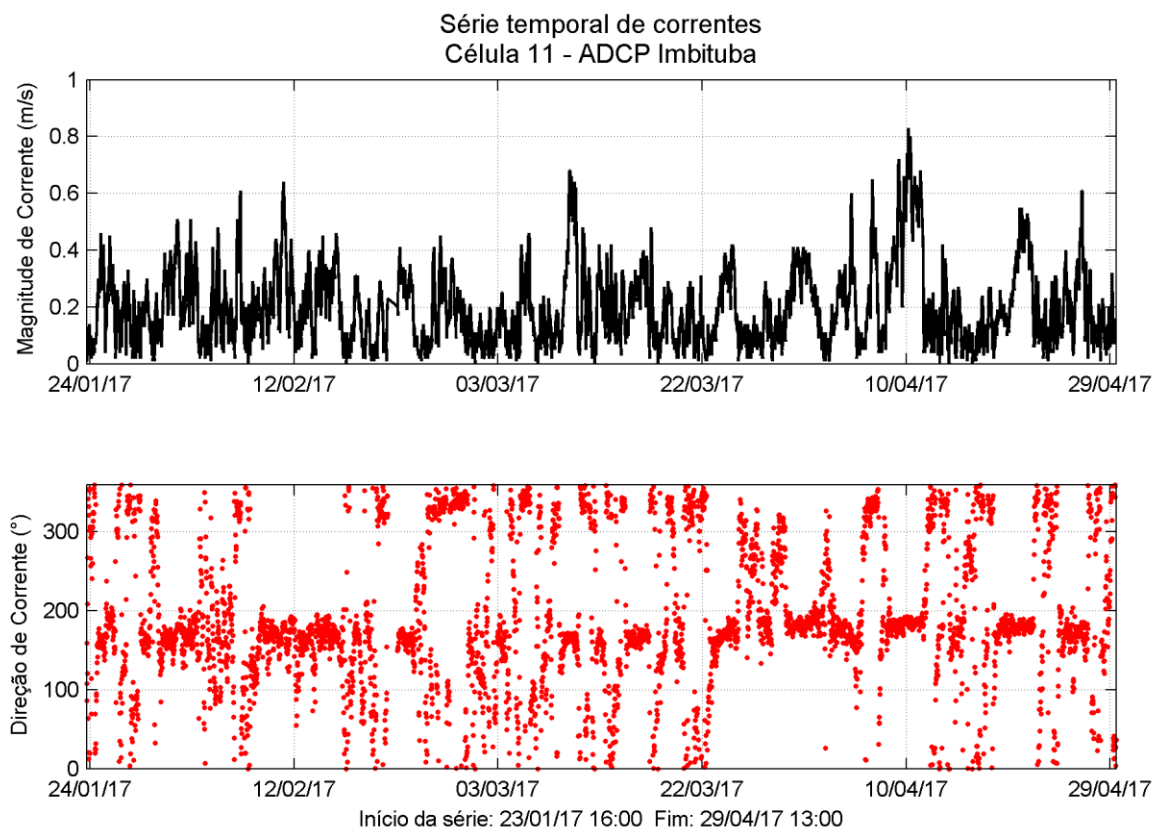
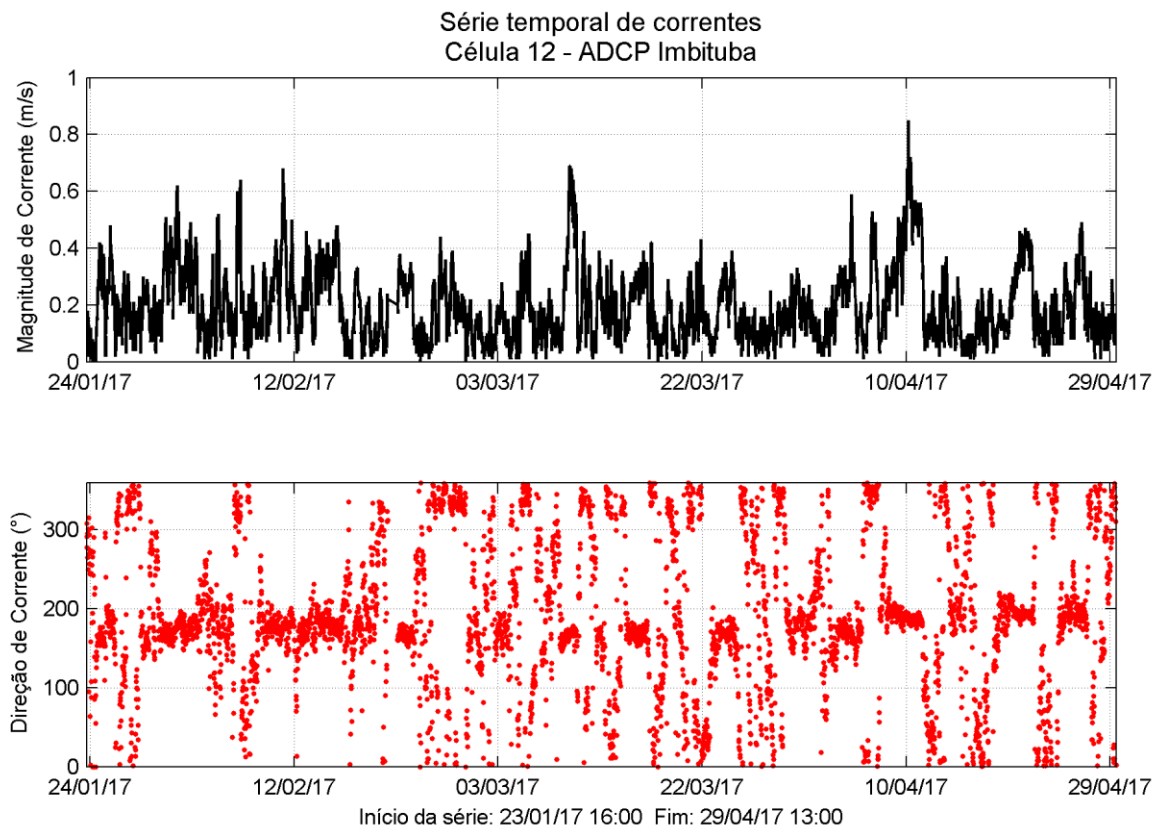


Figura 28. Série temporal de velocidade e direção das correntes medidas na célula 11.



**Figura 29. Série temporal de velocidade e direção das correntes medidas na célula 12.**

Nos diagramas do tipo *stick plot* (Figura 30 a Figura 53), que ilustram os dados de correntes na forma de vetores ao longo do tempo, foi utilizada uma escala de cores para representar a intensidade de corrente com a intenção de facilitar a visualização dos valores desse parâmetro. A magnitude de corrente é quantificada pela escala de cores e o sentido das setas indica a direção.

Assim como foi observado nas figuras de componentes  $u$  e  $v$ , é possível perceber que a direção predominante e mais energética das correntes é de Norte para Sul. Ainda que a intensidade e a direção das correntes atuantes variem ao longo dos dias em função de efeitos causados pela maré astronômica, observa-se que na maior parte do tempo o fluxo é unidirecional, fluindo para Sul e alcançando os maiores valores observados de velocidade. Esse padrão é interrompido somente durante a entrada de frentes frias, quando o fluxo continua unidirecional, porém desta vez fluindo no sentido para o Norte.

Considerando seu padrão unidirecional e ainda sua maior intensidade observada nas células mais próximas à superfície, é possível sugerir que as correntes são predominantemente controladas pelo vento.

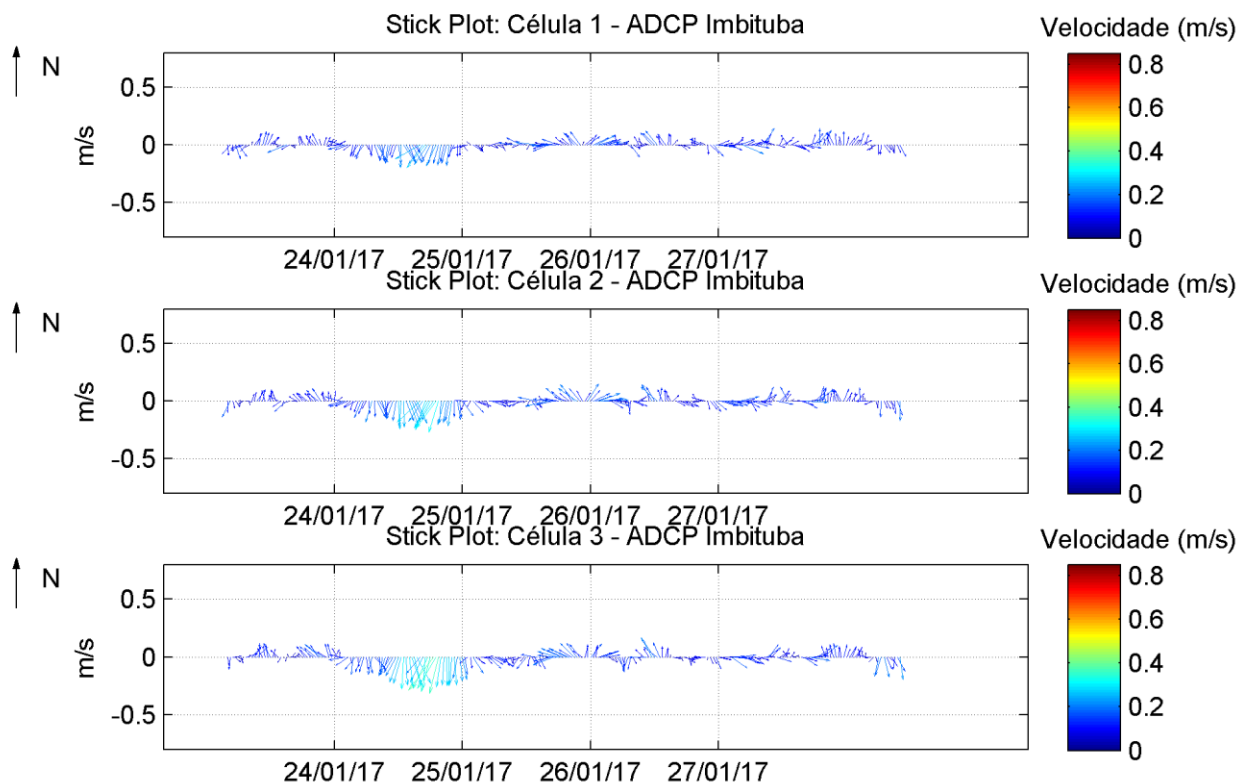


Figura 30. Diagrama *stick plot* de correntes para as células 1, 2 e 3 no período de 24/01/2017 a 27/01/2017.

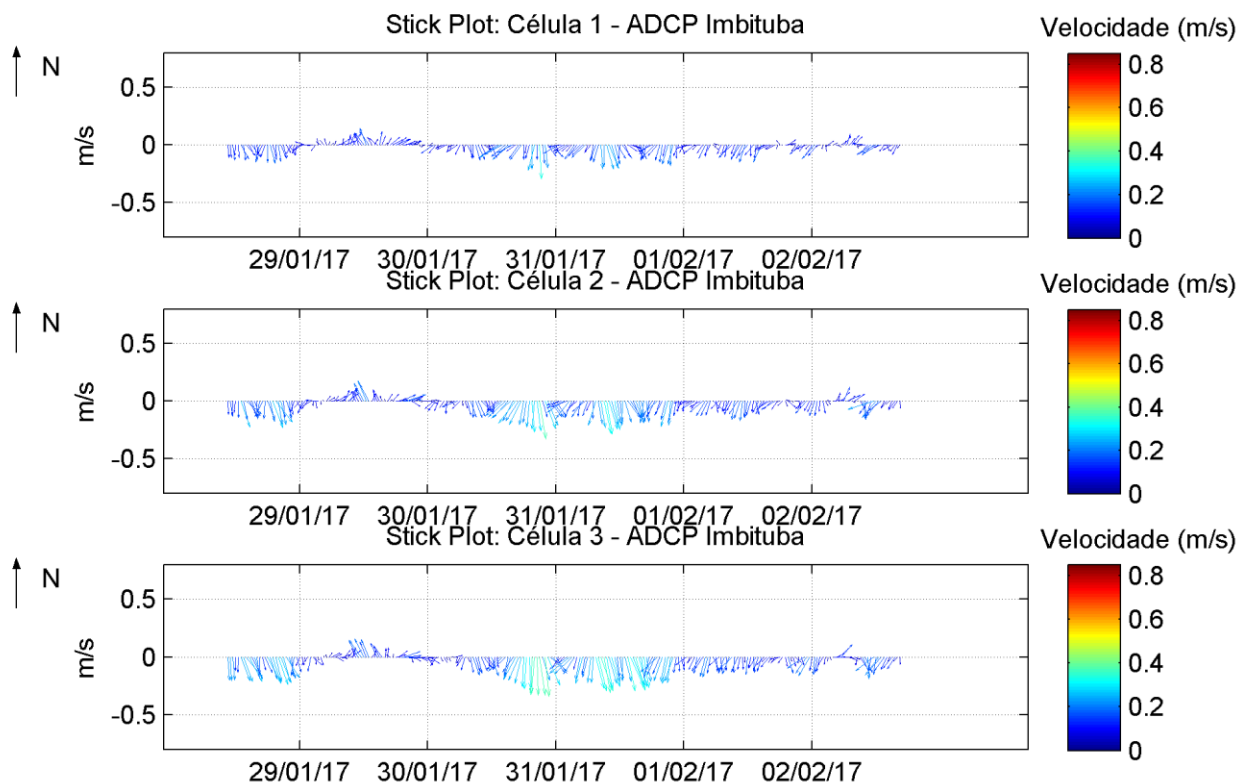


Figura 31. Diagrama *stick plot* de correntes para as células 1, 2 e 3 no período de 29/01/2017 a 02/02/2017.

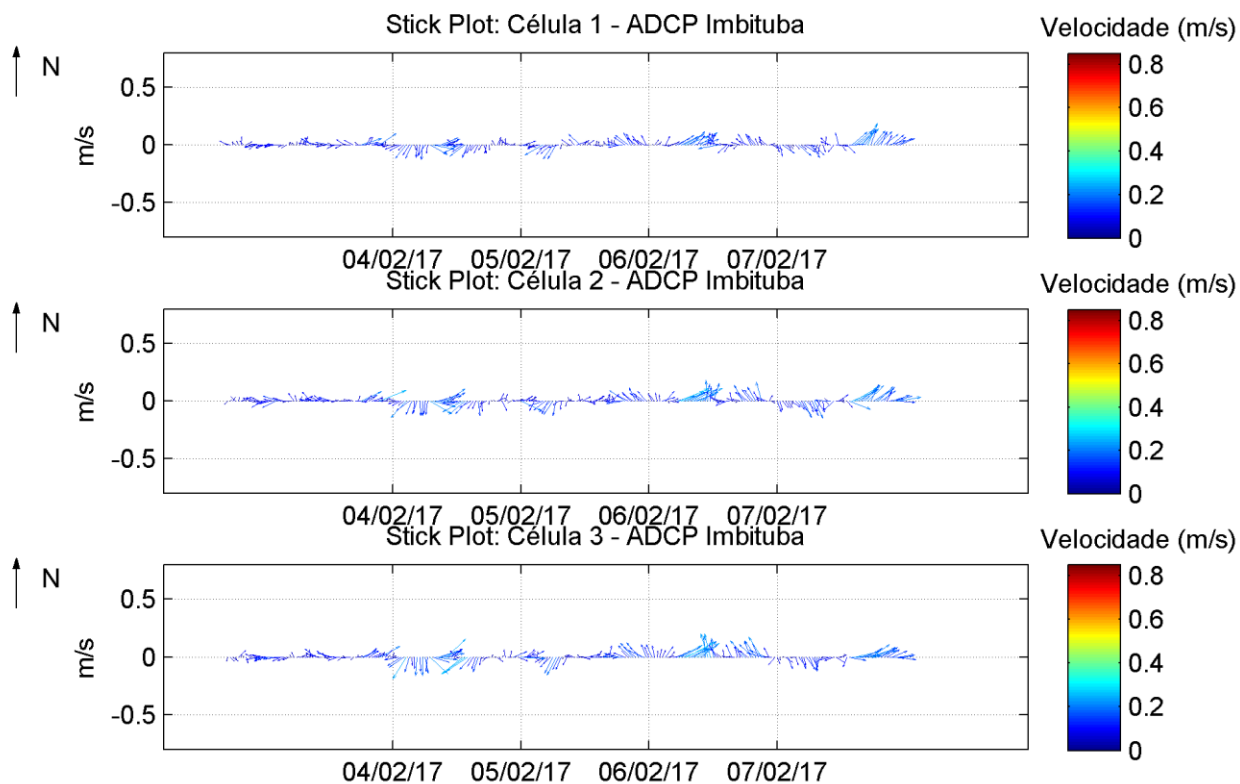


Figura 32. Diagrama *stick plot* de correntes para as células 1, 2 e 3 no período de 04/02/2017 a 07/02/2017.

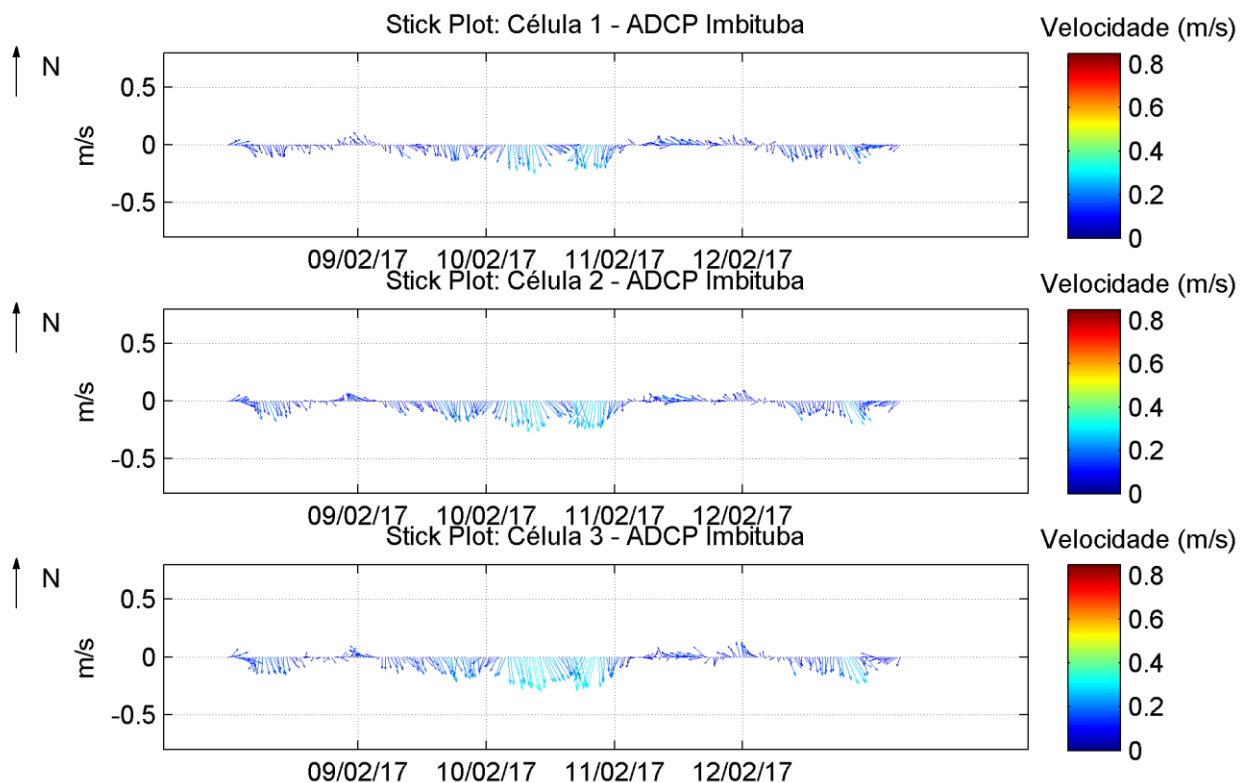


Figura 33. Diagrama *stick plot* de correntes para as células 1, 2 e 3 no período de 09/02/2017 a 12/02/2017.



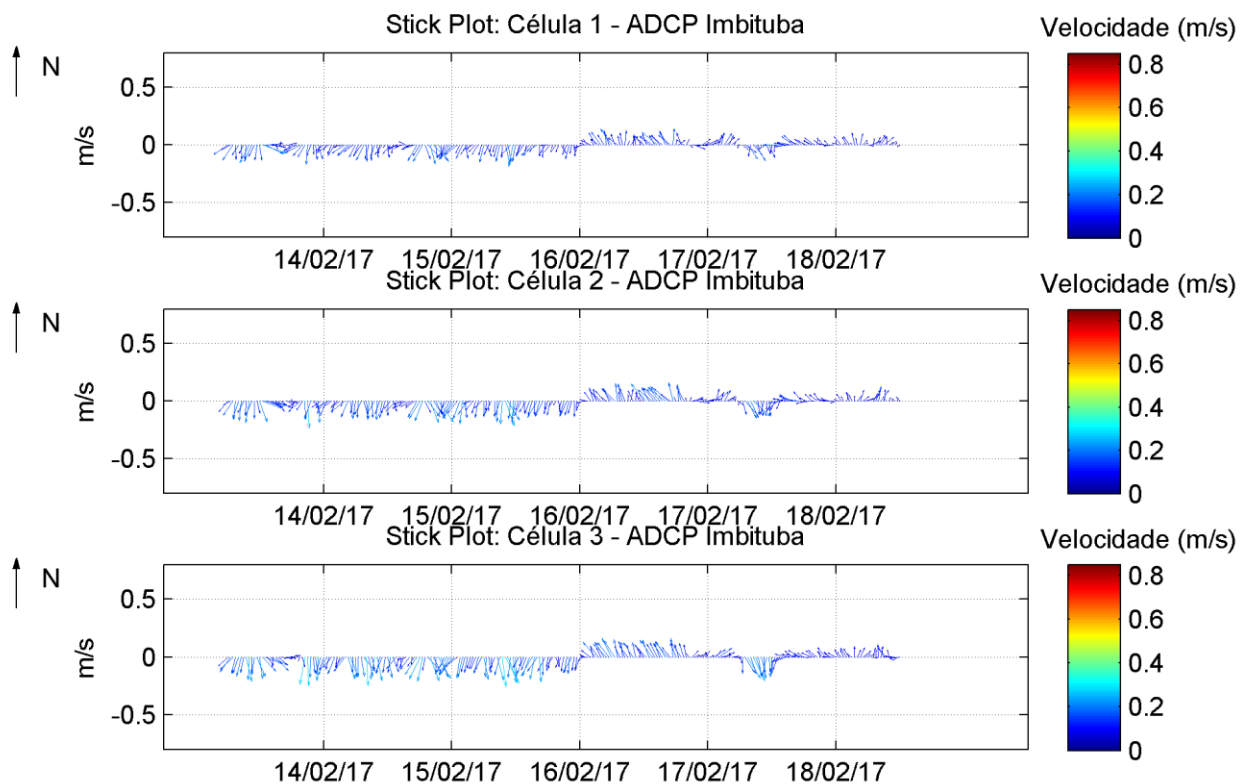


Figura 34. Diagrama *stick plot* de correntes para as células 1, 2 e 3 no período de 14/02/2017 a 18/02/2017.

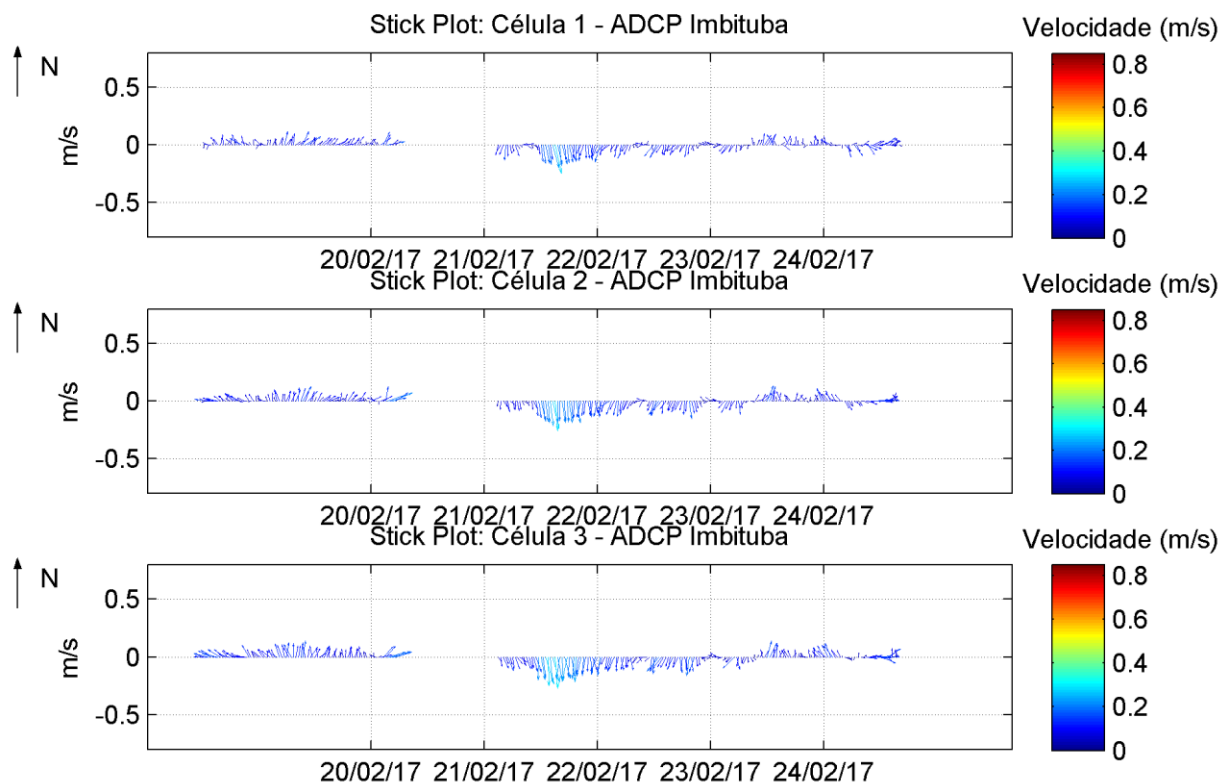


Figura 35. Diagrama *stick plot* de correntes para as células 1, 2 e 3 no período de 20/02/2017 a 24/02/2017.

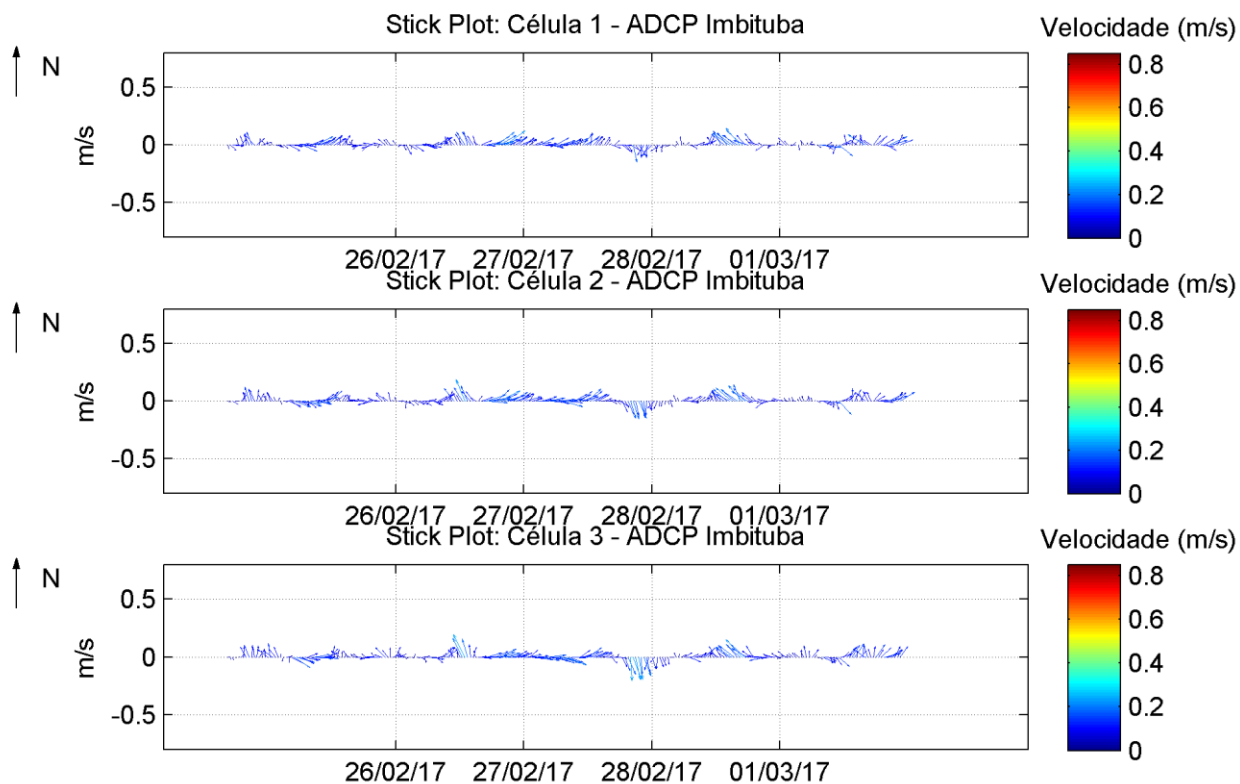


Figura 36. Diagrama *stick plot* de correntes para as células 1, 2 e 3 no período de 26/02/2017 a 01/03/2017.

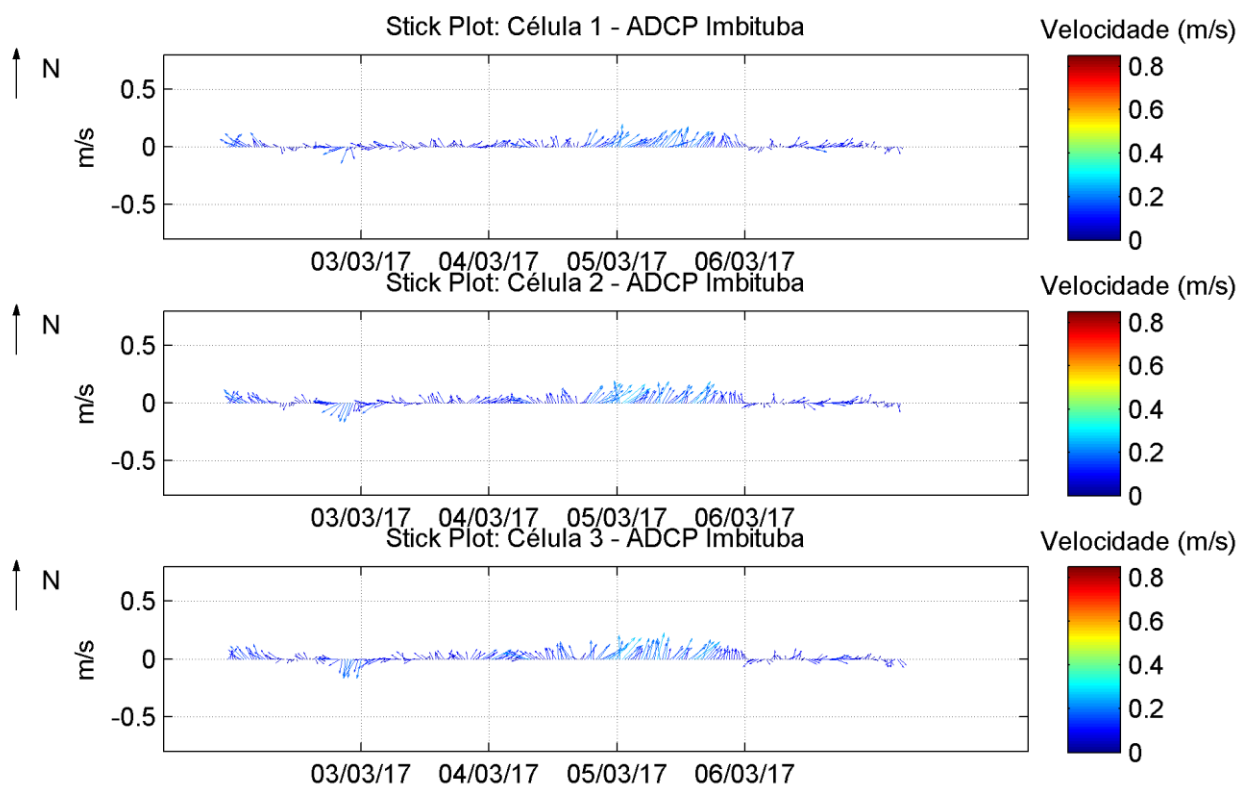


Figura 37. Diagrama *stick plot* de correntes para as células 1, 2 e 3 no período de 03/03/2017 a 06/03/2017.

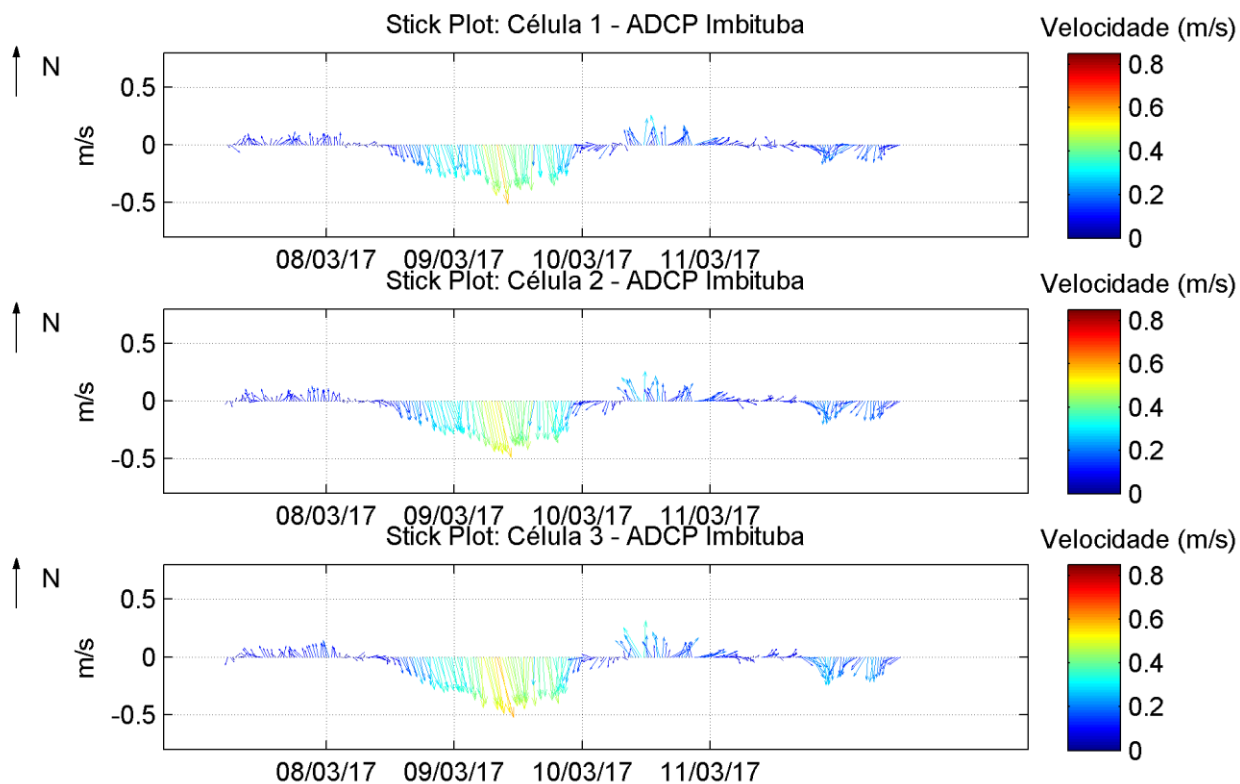


Figura 38. Diagrama *stick plot* de correntes para as células 1, 2 e 3 no período de 08/03/2017 a 11/03/2017.

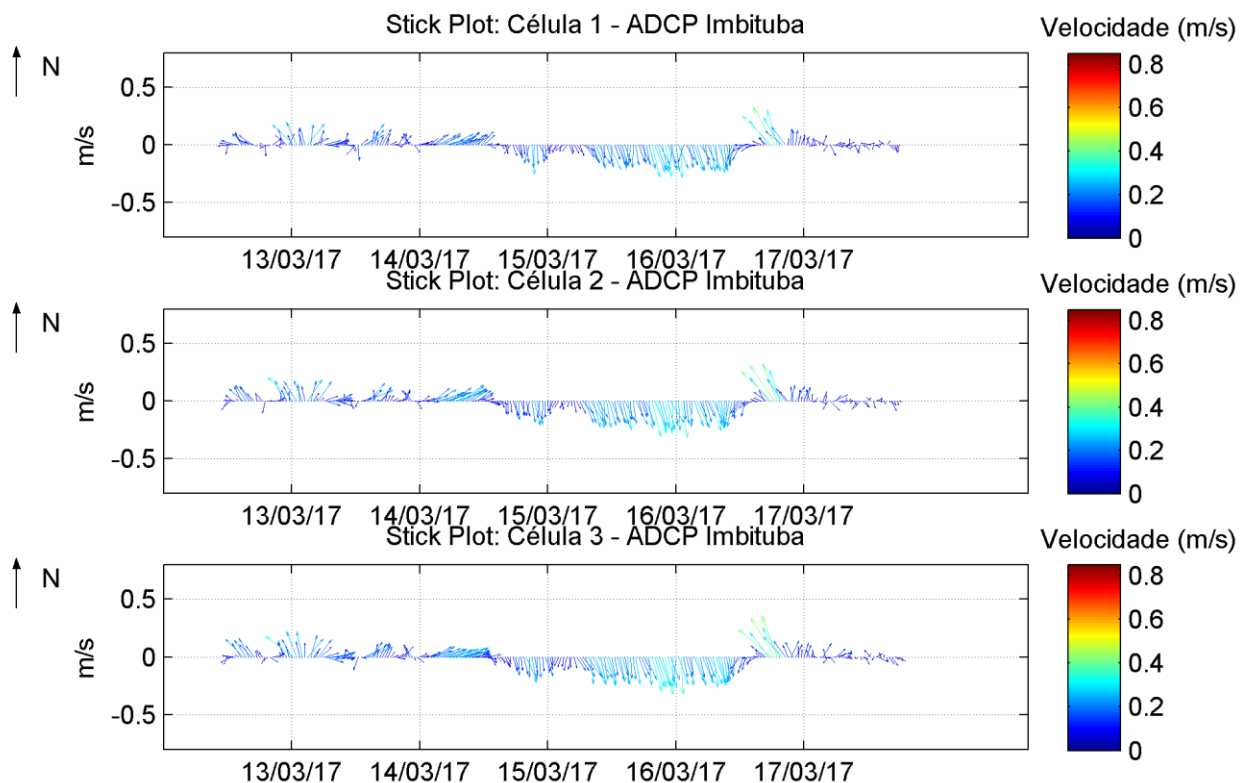


Figura 39. Diagrama *stick plot* de correntes para as células 1, 2 e 3 no período de 13/03/2017 a 17/03/2017.



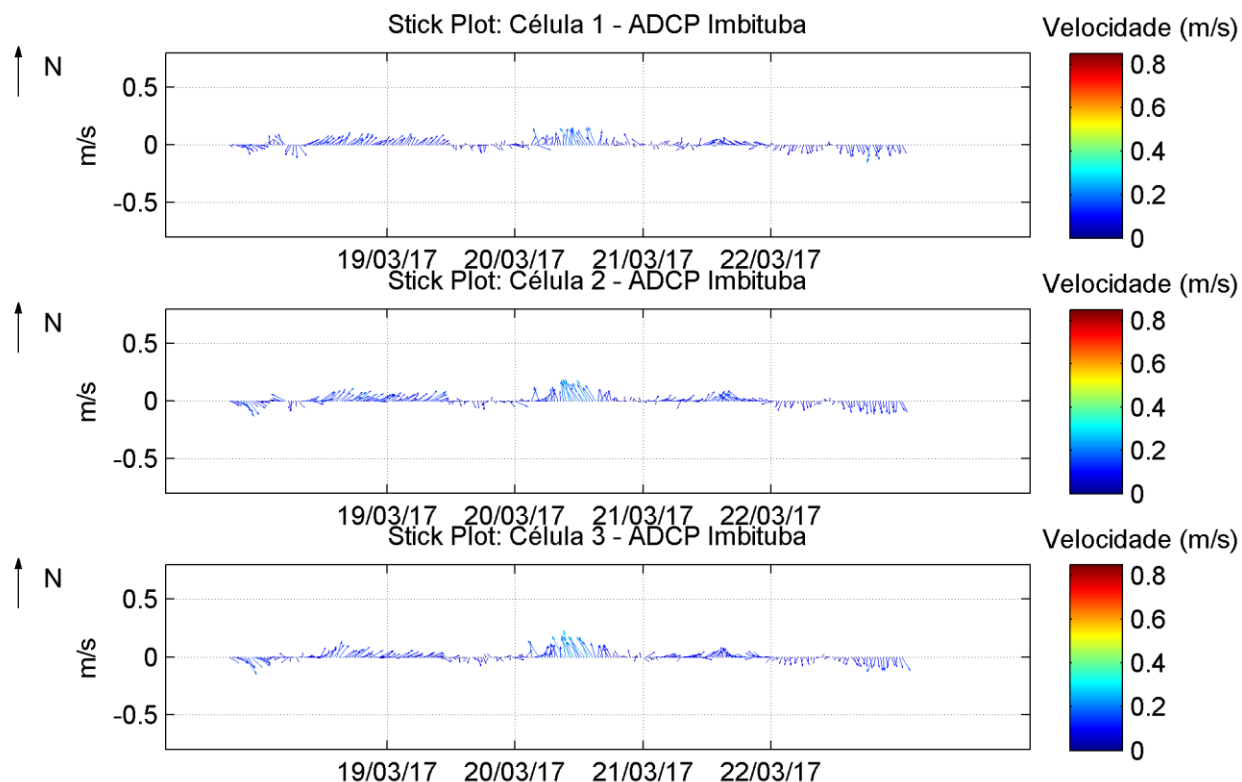


Figura 40. Diagrama *stick plot* de correntes para as células 1, 2 e 3 no período de 19/03/2017 a 22/03/2017.

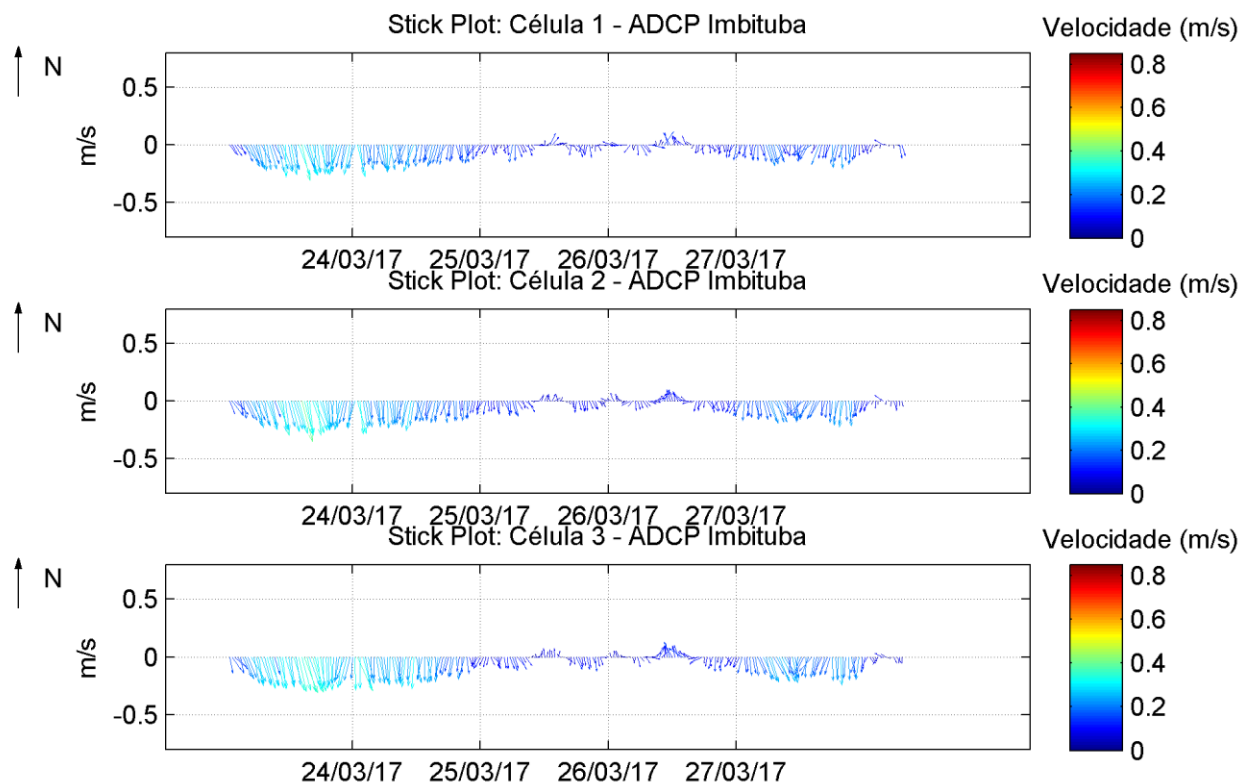


Figura 41. Diagrama *stick plot* de correntes para as células 1, 2 e 3 no período de 24/03/2017 a 27/03/2017.

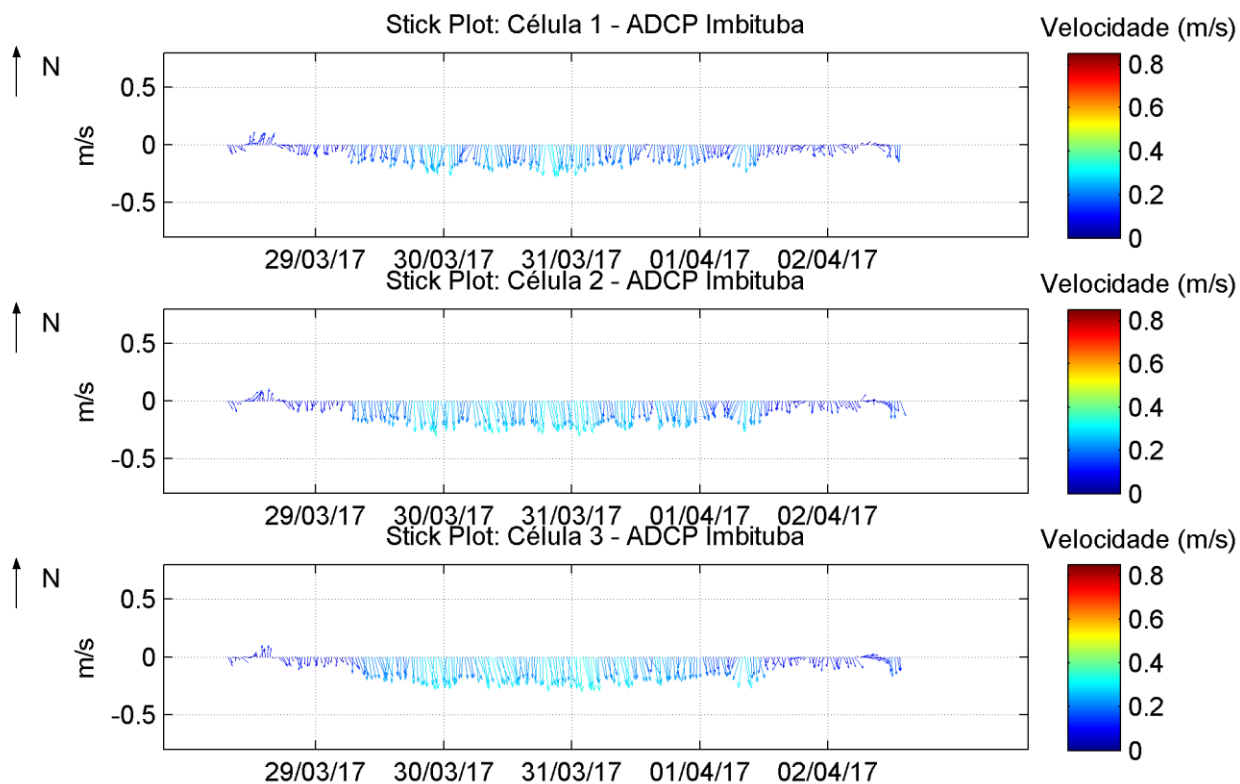


Figura 42. Diagrama *stick plot* de correntes para as células 1, 2 e 3 no período de 29/03/2017 a 02/04/2017.

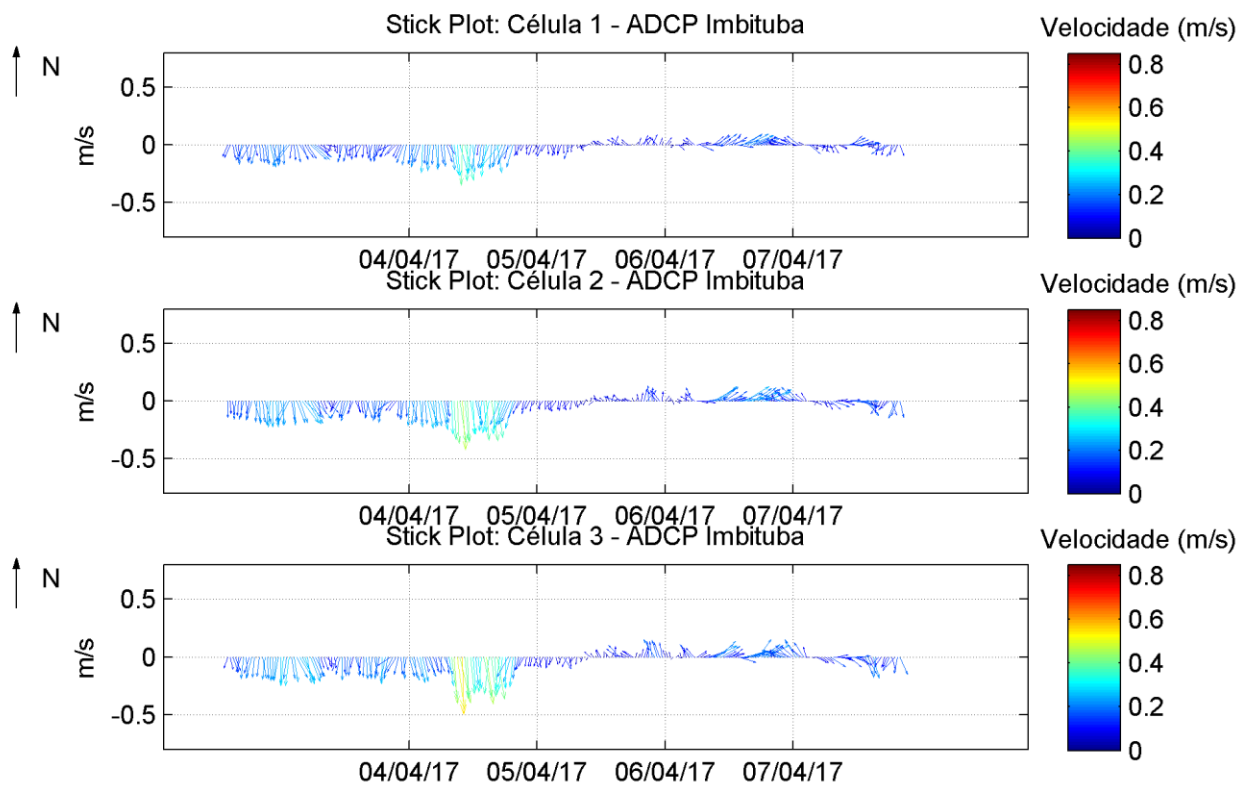


Figura 43. Diagrama *stick plot* de correntes para as células 1, 2 e 3 no período de 04/04/2017 a 07/04/2017.

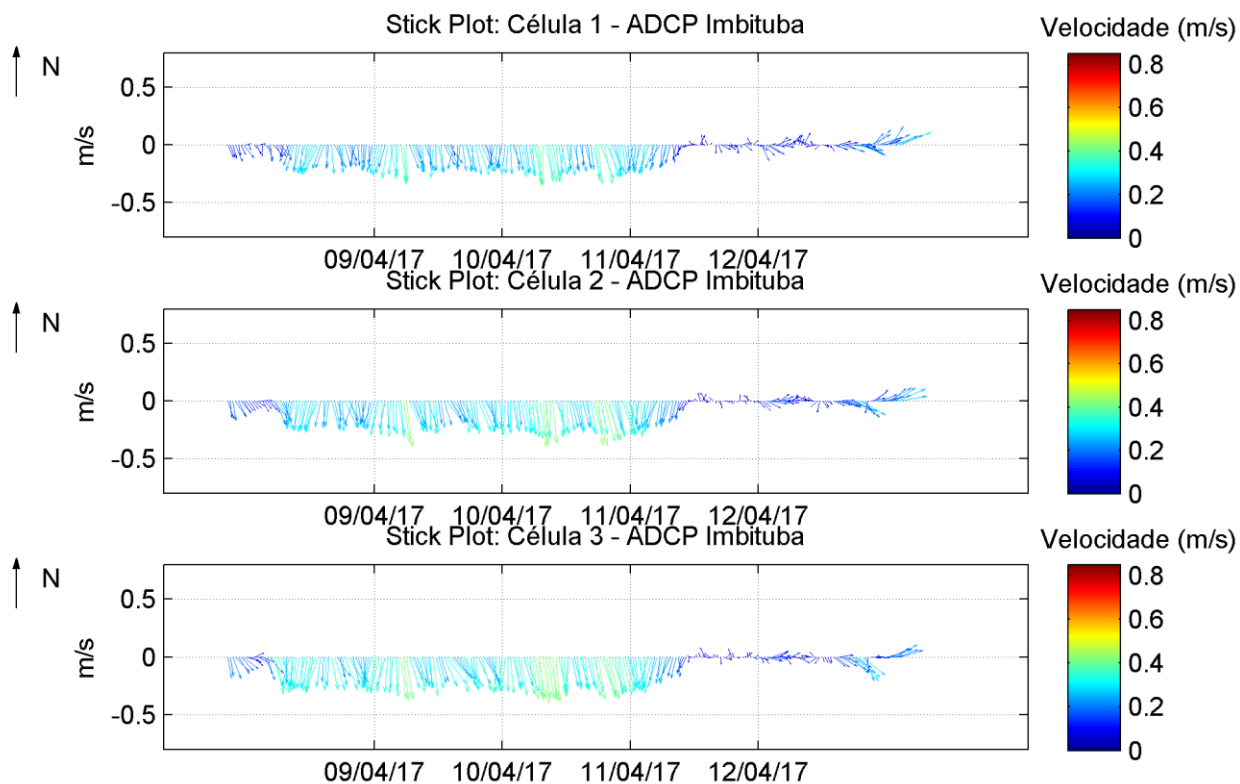


Figura 44. Diagrama *stick plot* de correntes para as células 1, 2 e 3 no período de 09/04/2017 a 12/04/2017.

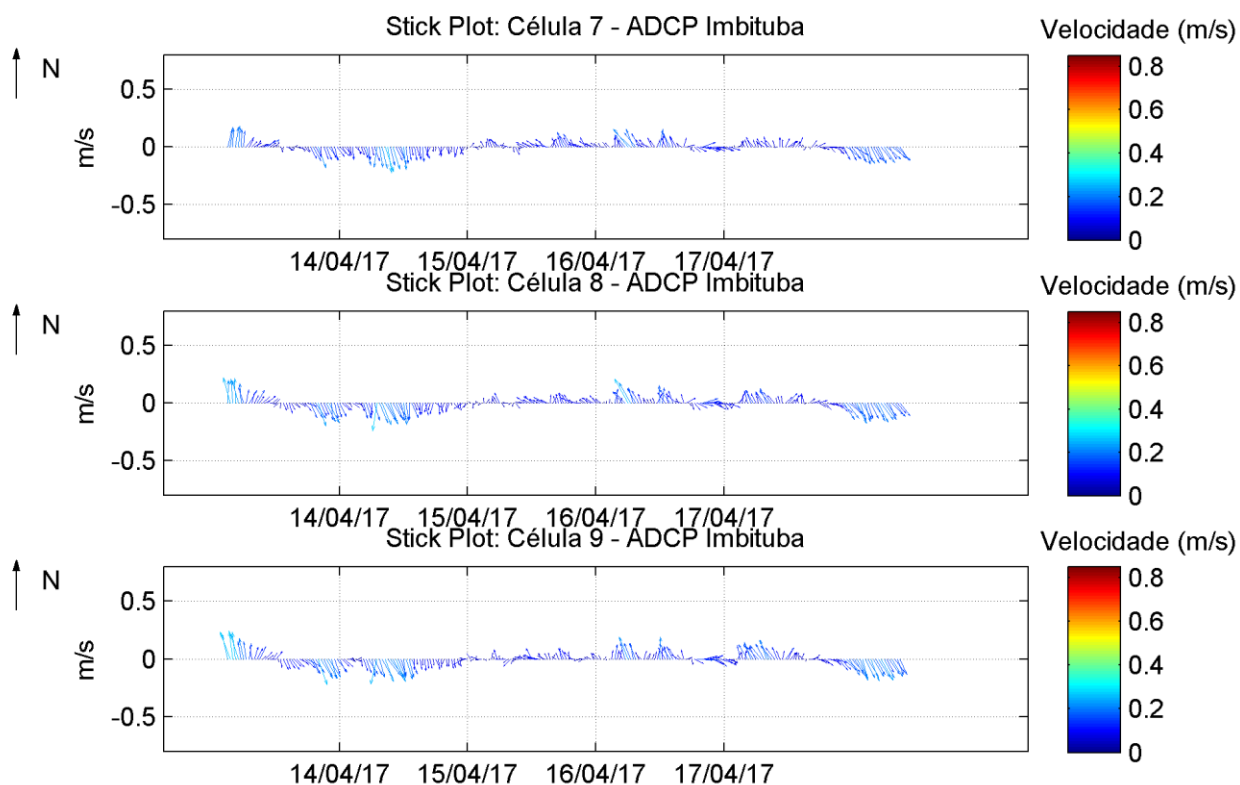


Figura 45. Diagrama *stick plot* de correntes para as células 1, 2 e 3 no período de 14/04/2017 a 17/04/2017.

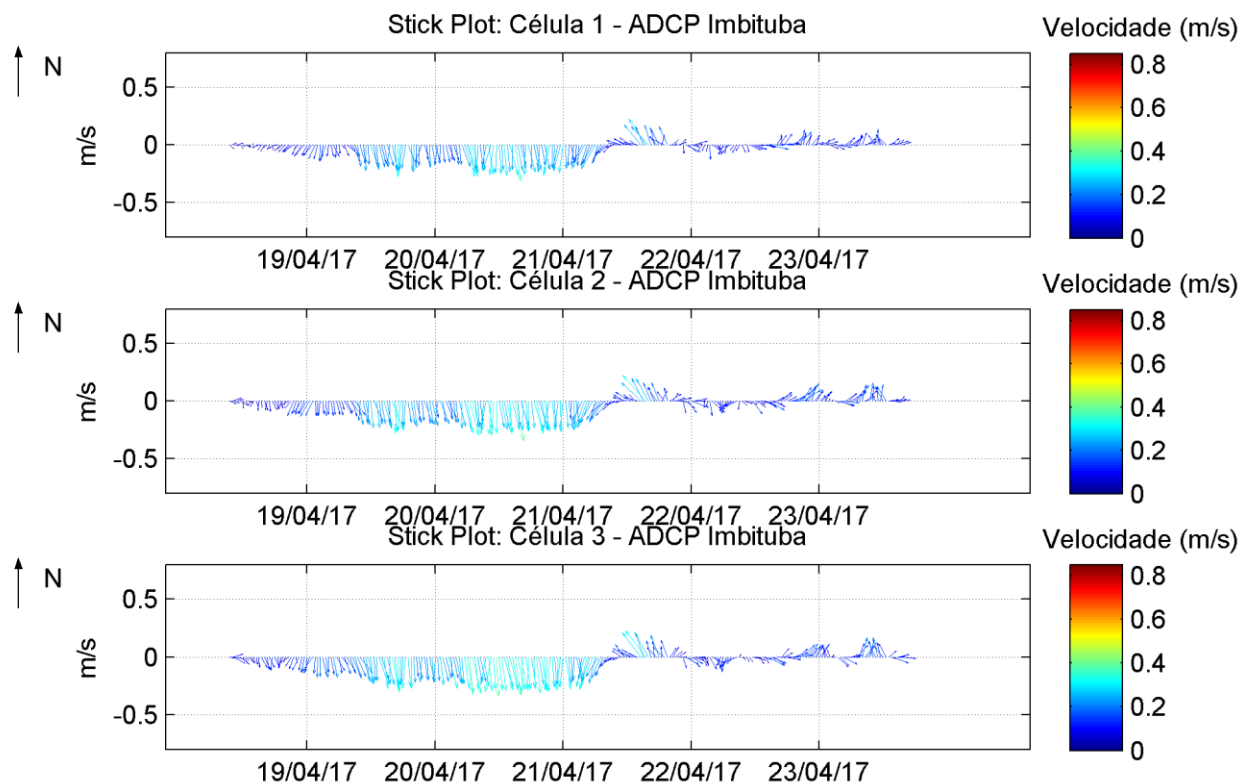


Figura 46. Diagrama *stick plot* de correntes para as células 1, 2 e 3 no período de 19/04/2017 a 23/04/2017.

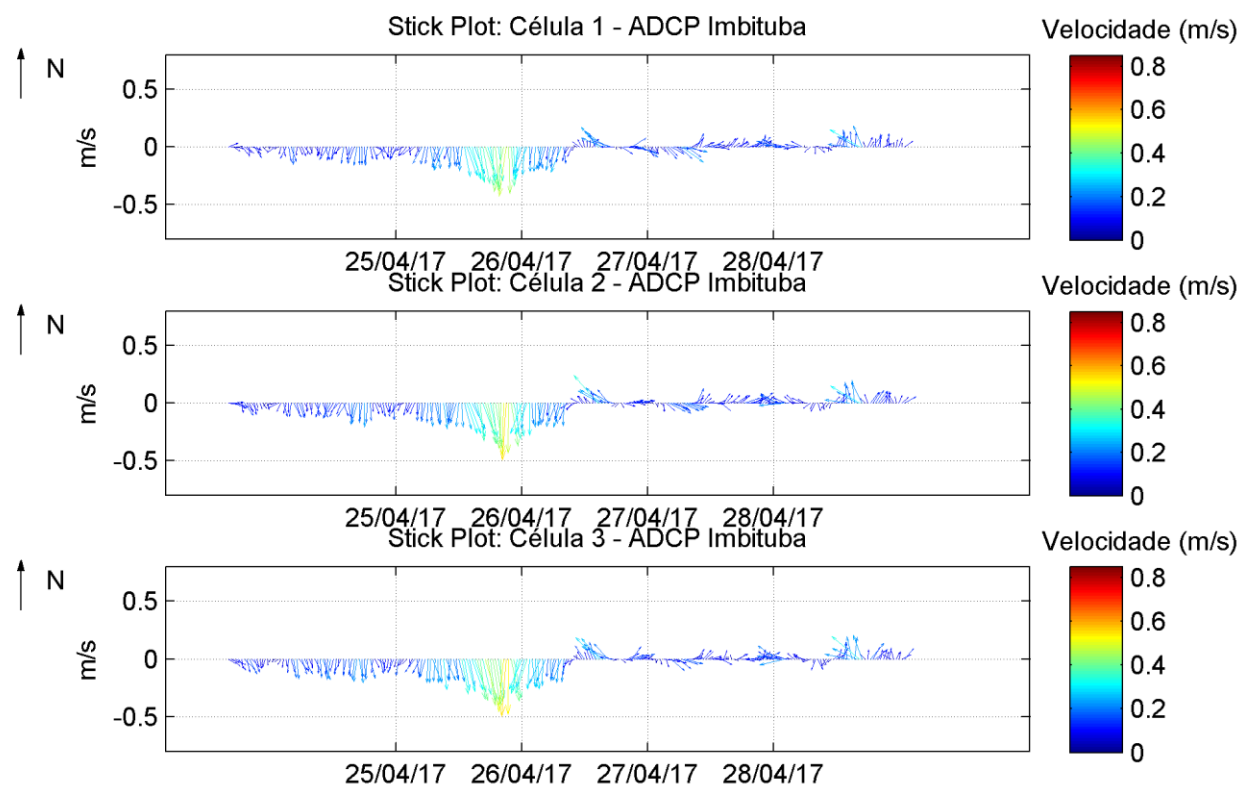


Figura 47. Diagrama *stick plot* de correntes para as células 1, 2 e 3 no período de 25/04/2017 a 28/04/2017.

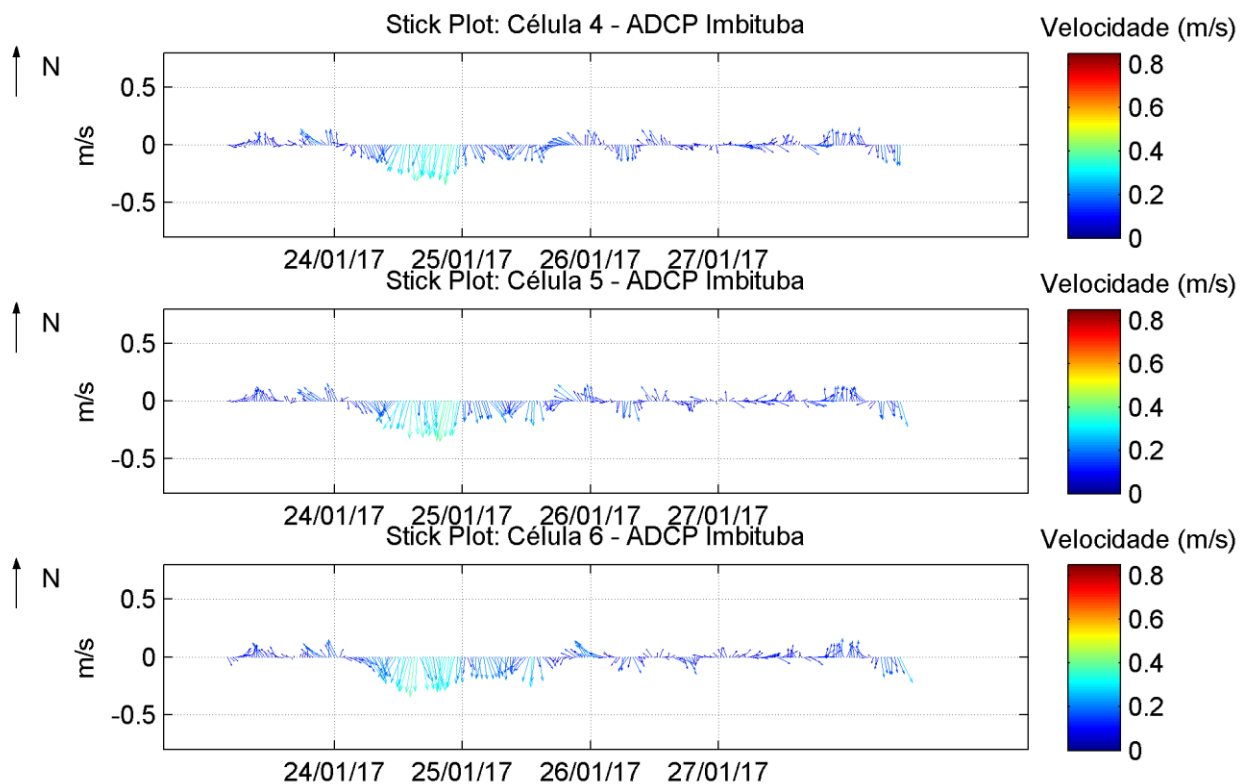


Figura 48. Diagrama *stick plot* de correntes para as células 4, 5 e 6 no período de 24/01/2017 a 27/01/2017.

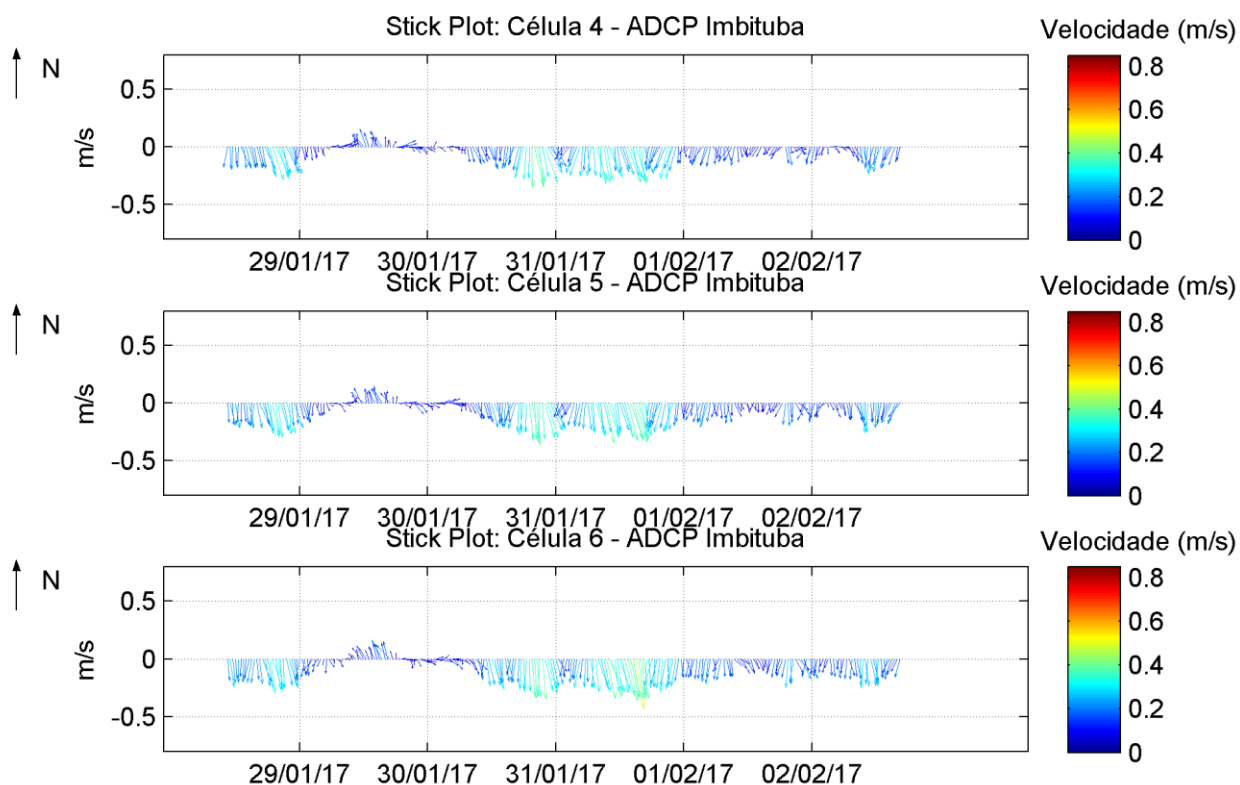


Figura 49. Diagrama *stick plot* de correntes para as células 4, 5 e 6 no período de 29/01/2017 a 02/02/2017.

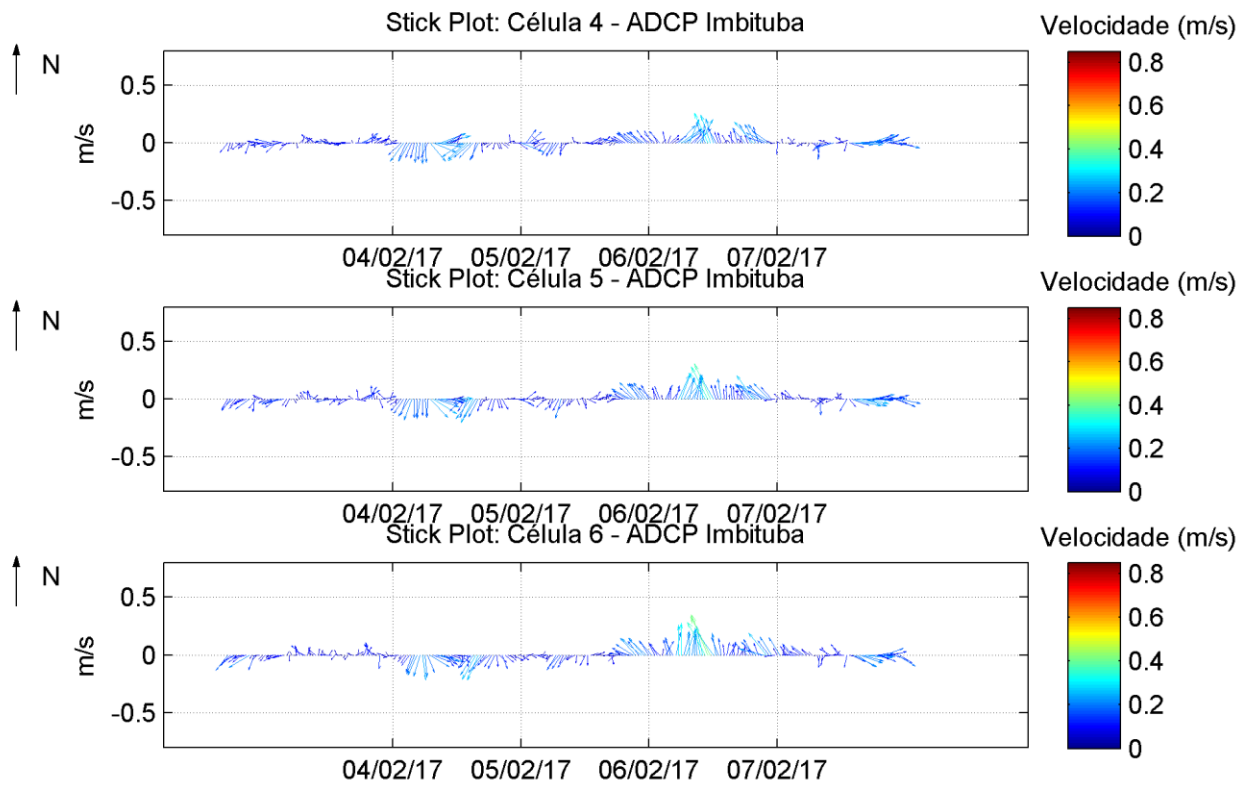


Figura 50. Diagrama *stick plot* de correntes para as células 4, 5 e 6 no período de 04/02/2017 a 07/02/2017.

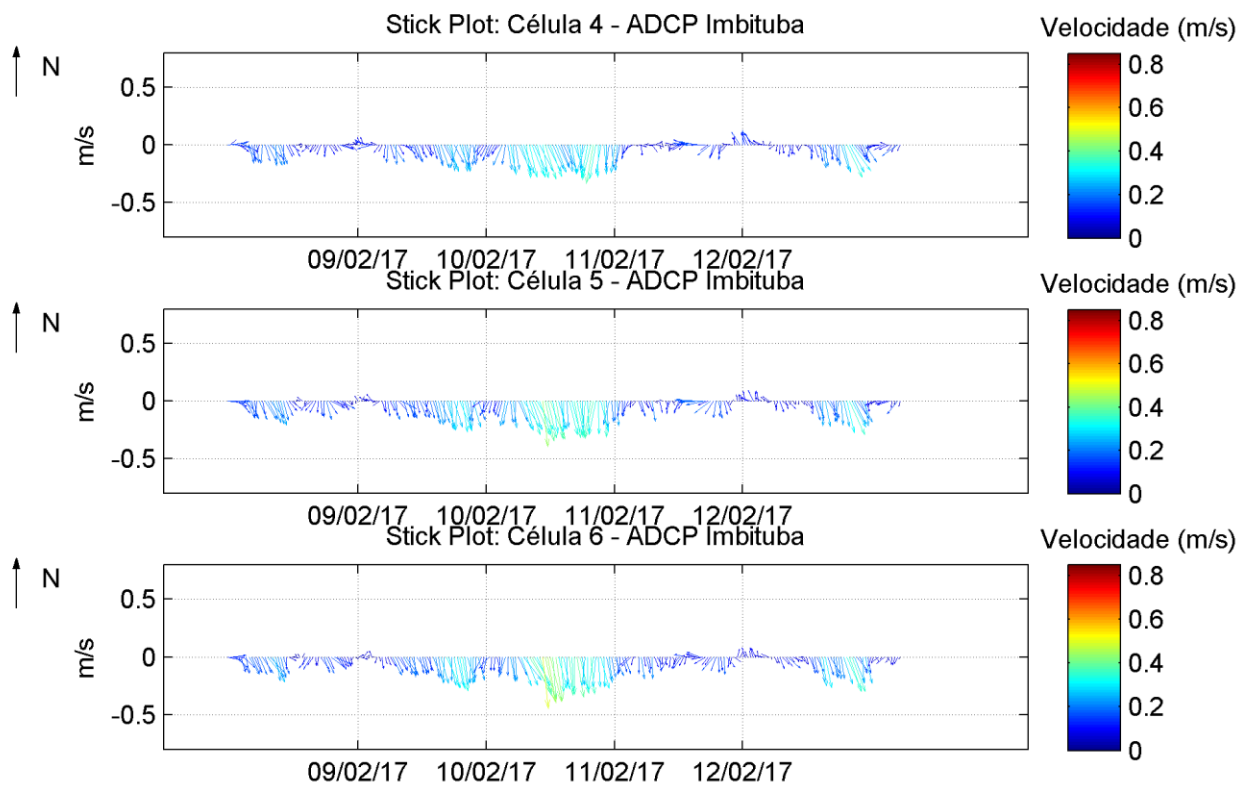


Figura 51. Diagrama *stick plot* de correntes para as células 4, 5 e 6 no período de 09/02/2017 a 12/02/2017.



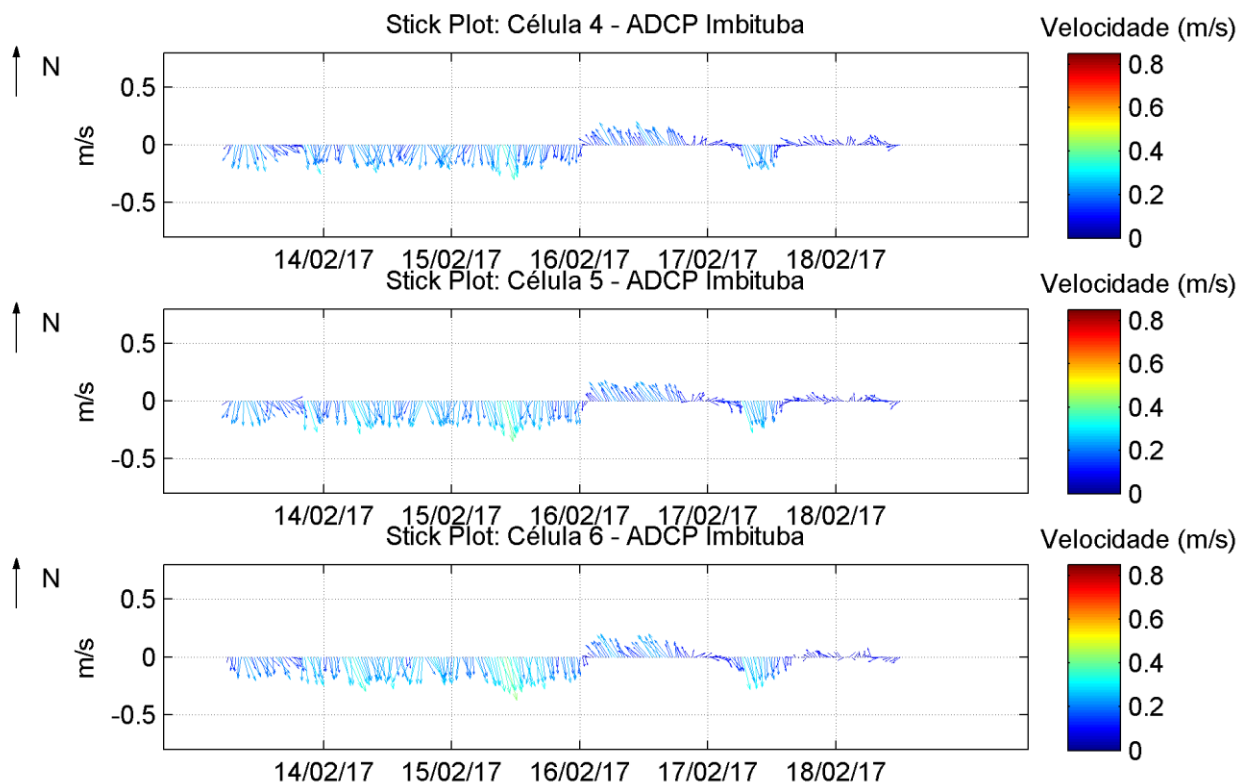


Figura 52. Diagrama *stick plot* de correntes para as células 4, 5 e 6 no período de 14/02/2017 a 18/02/2017.

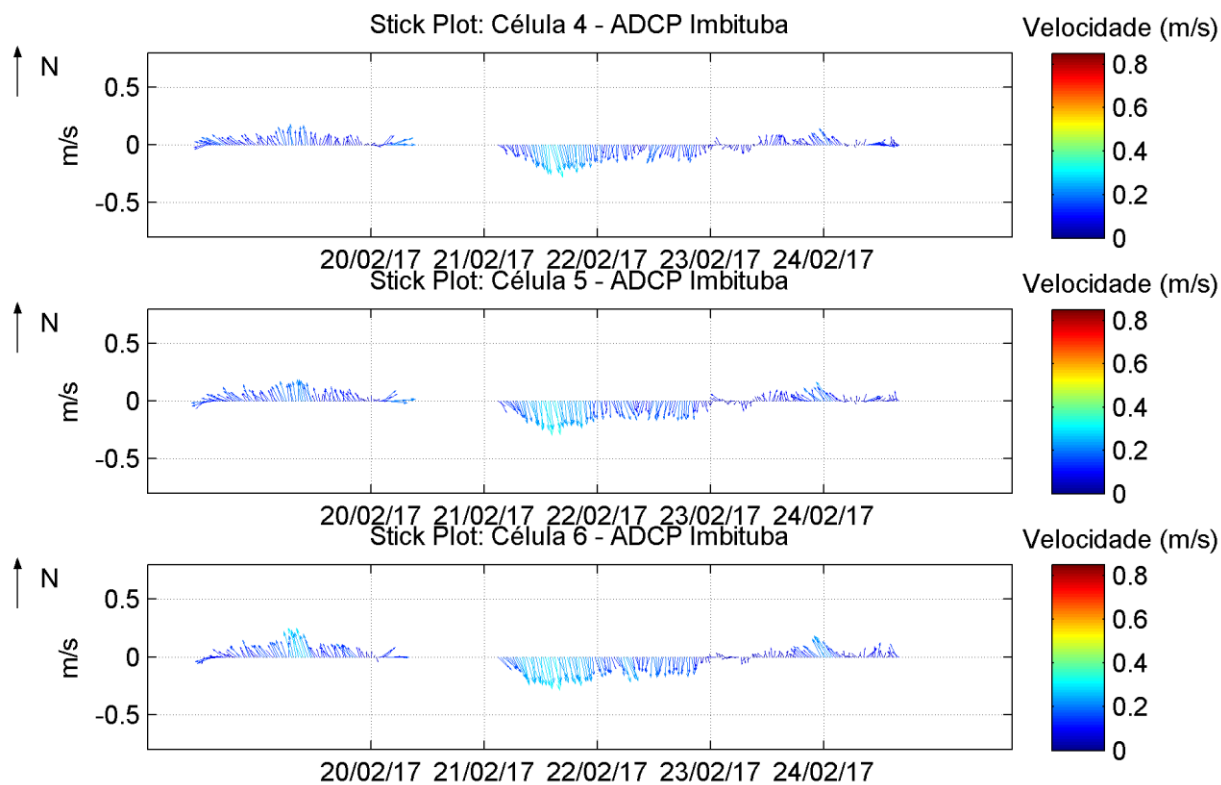


Figura 53. Diagrama *stick plot* de correntes para as células 4, 5 e 6 no período de 20/02/2017 a 24/02/2017.

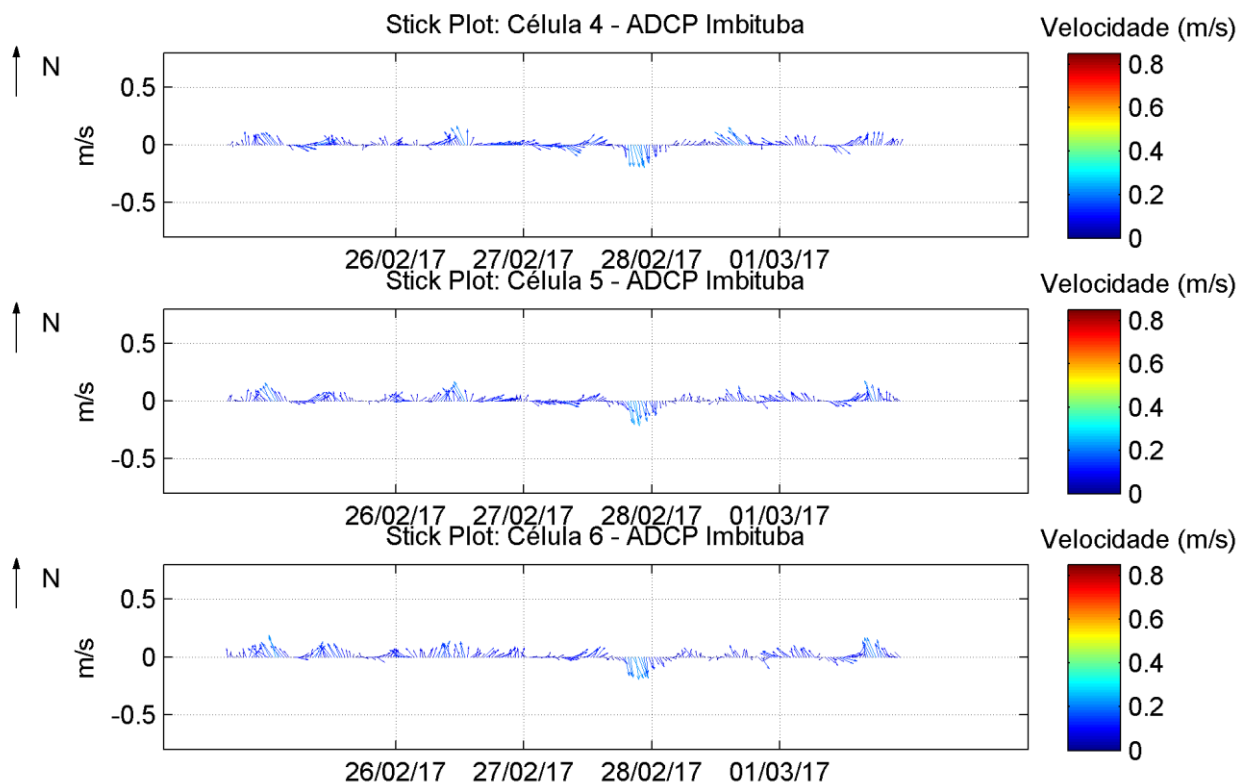


Figura 54. Diagrama *stick plot* de correntes para as células 4, 5 e 6 no período de 26/02/2017 a 01/03/2017.

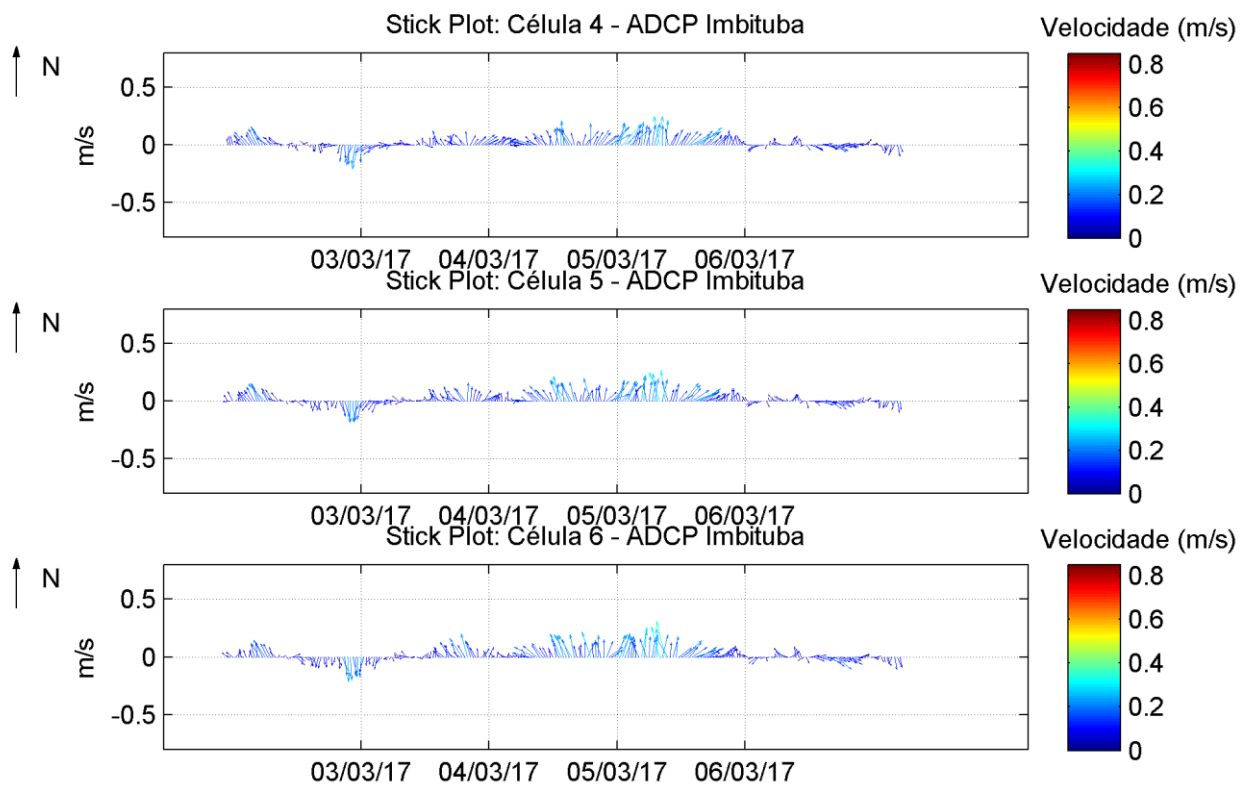


Figura 55. Diagrama *stick plot* de correntes para as células 4, 5 e 6 no período de 03/03/2017 a 06/03/2017.



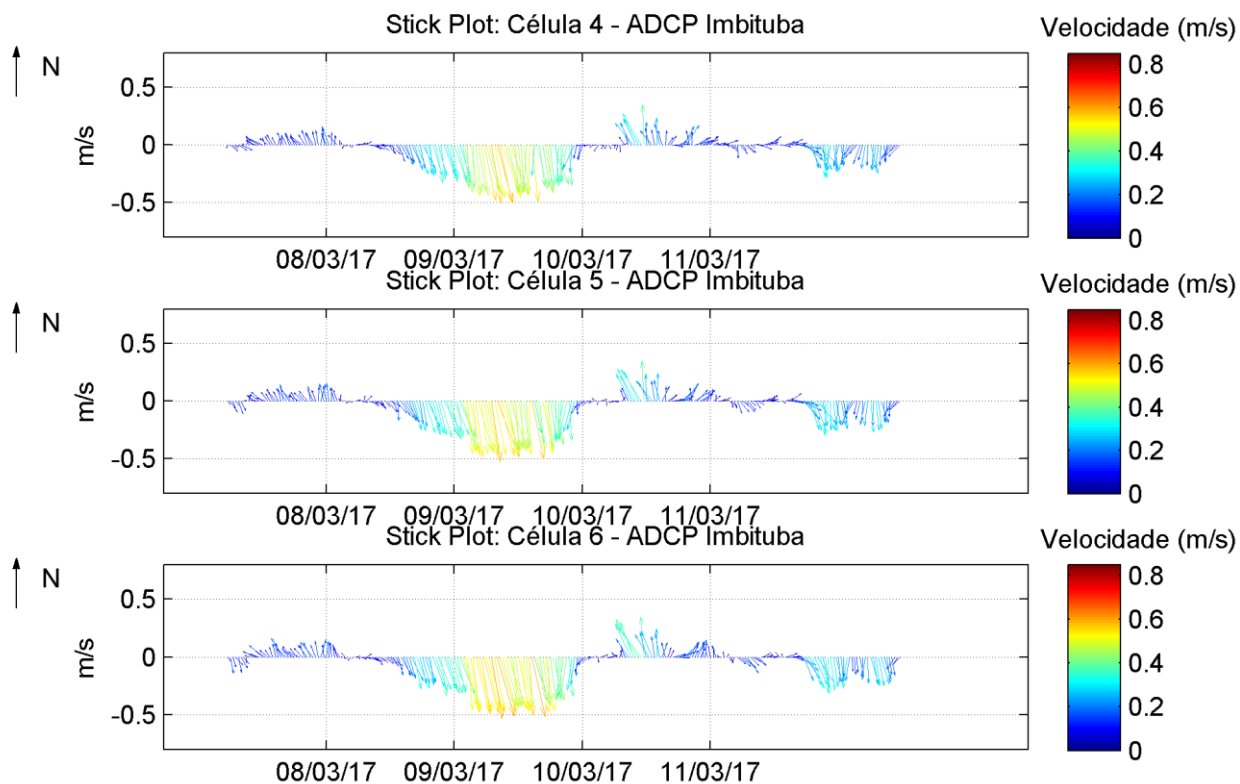


Figura 56. Diagrama *stick plot* de correntes para as células 4, 5 e 6 no período de 08/03/2017 a 11/03/2017.

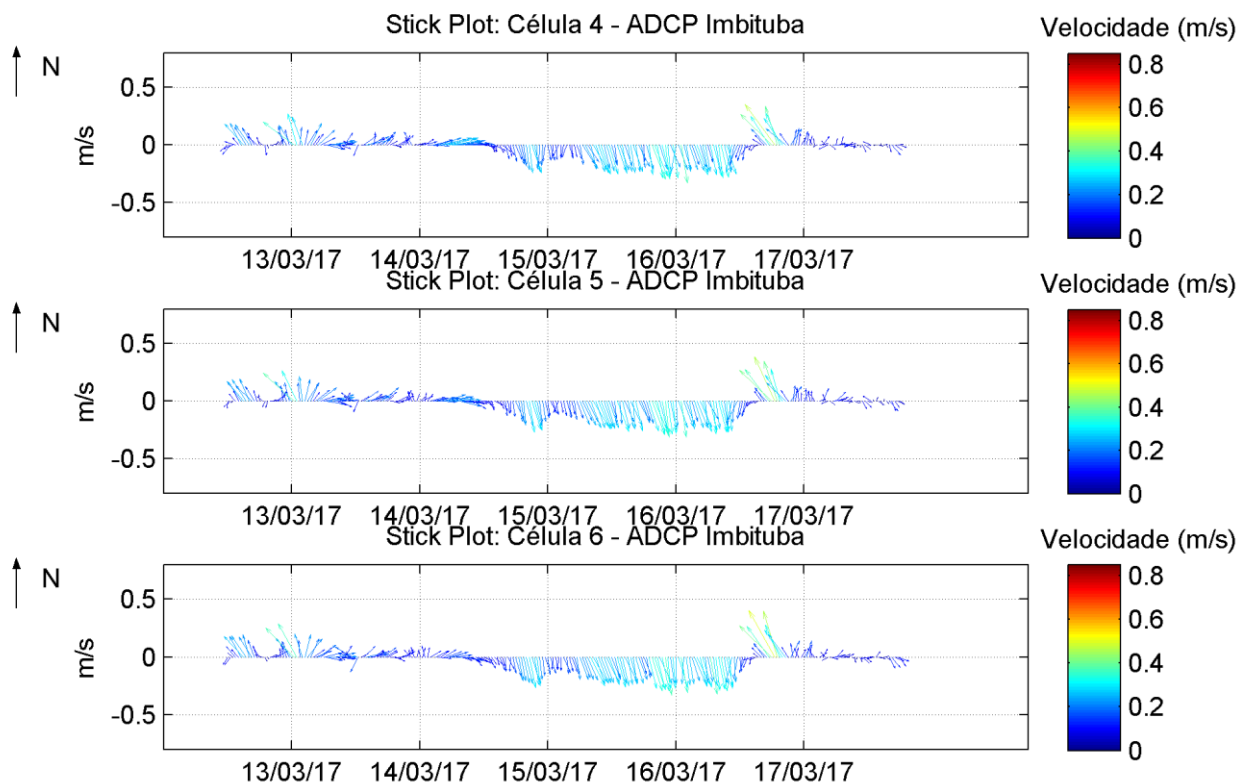


Figura 57. Diagrama *stick plot* de correntes para as células 4, 5 e 6 no período de 13/03/2017 a 17/03/2017.

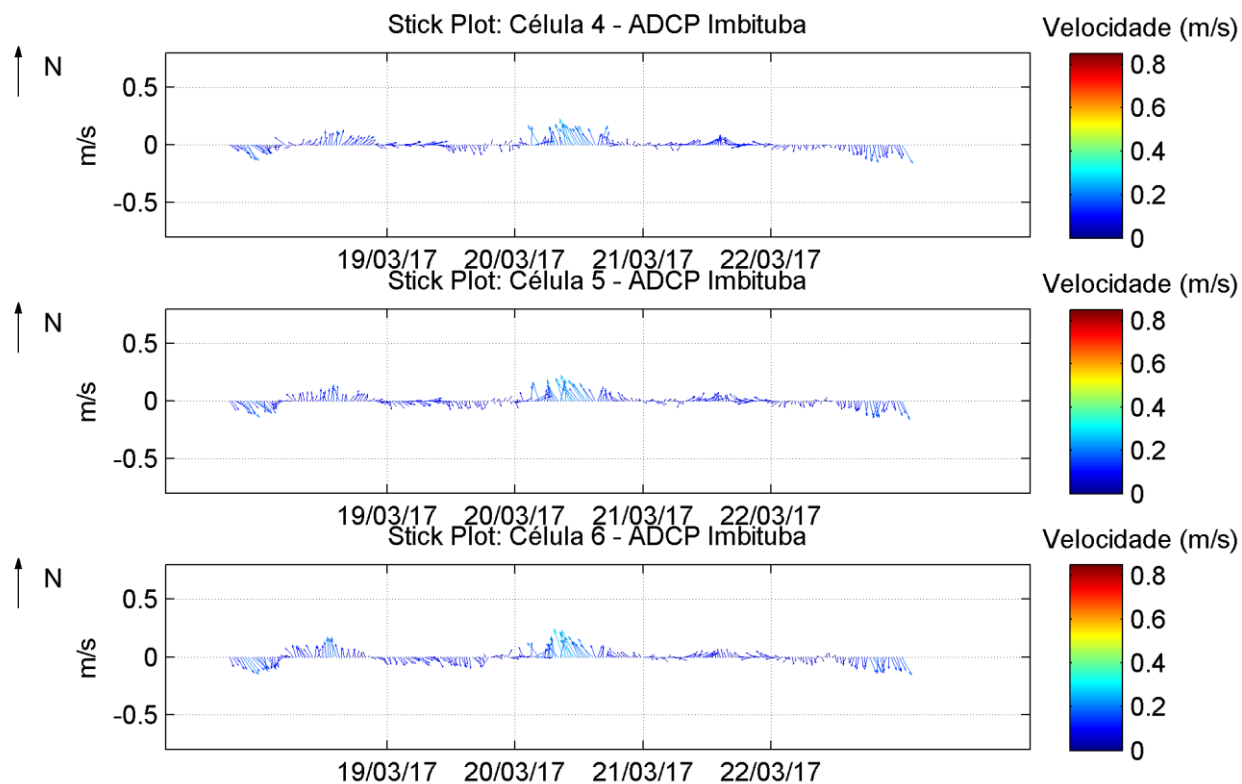


Figura 58. Diagrama *stick plot* de correntes para as células 4, 5 e 6 no período de 19/03/2017 a 23/03/2017.

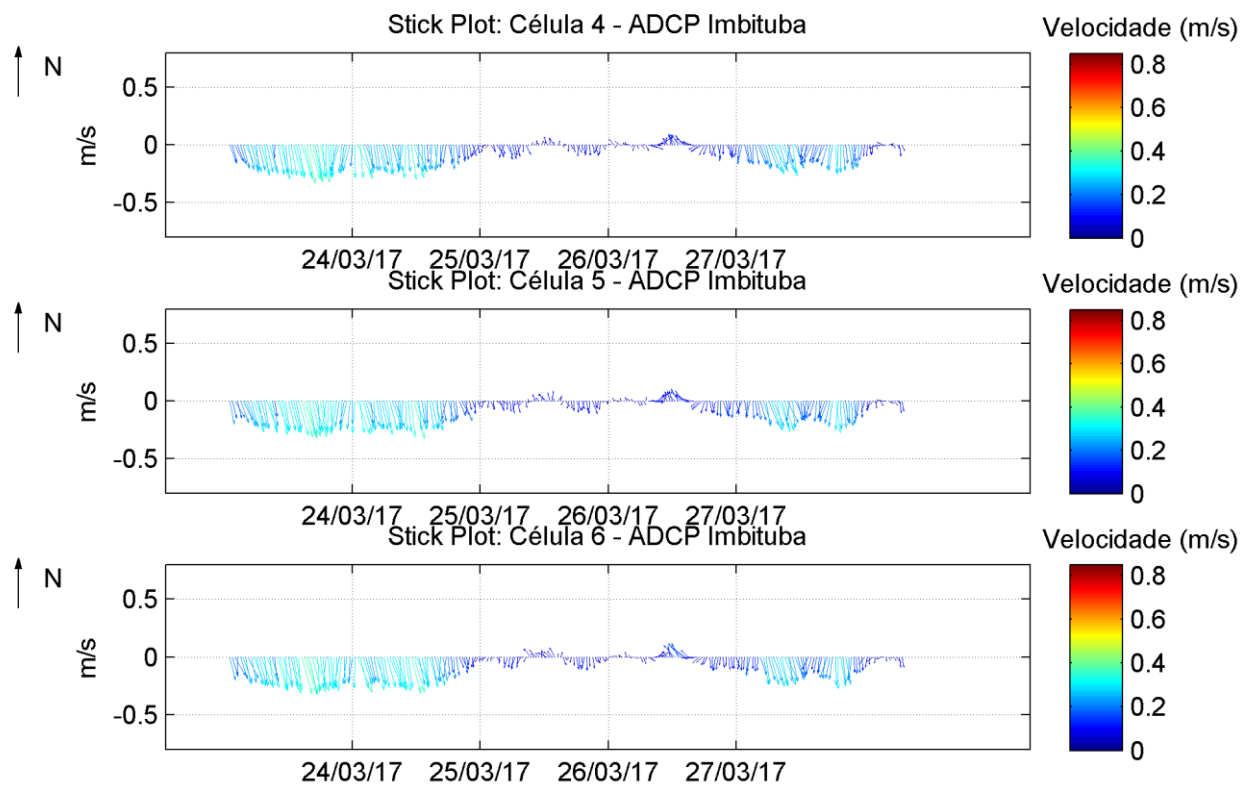


Figura 59. Diagrama *stick plot* de correntes para as células 4, 5 e 6 no período de 24/03/2017 a 27/03/2017.

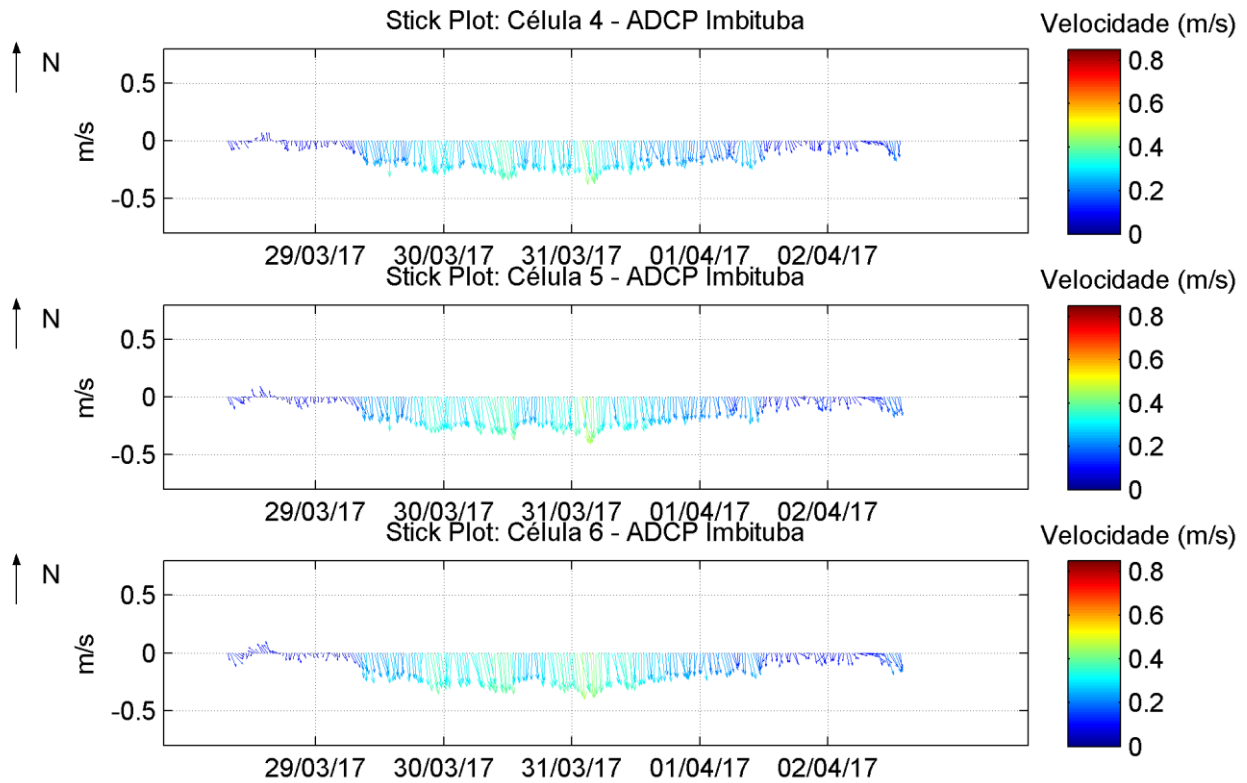


Figura 60. Diagrama *stick plot* de correntes para as células 4, 5 e 6 no período de 29/03/2017 a 02/04/2017.

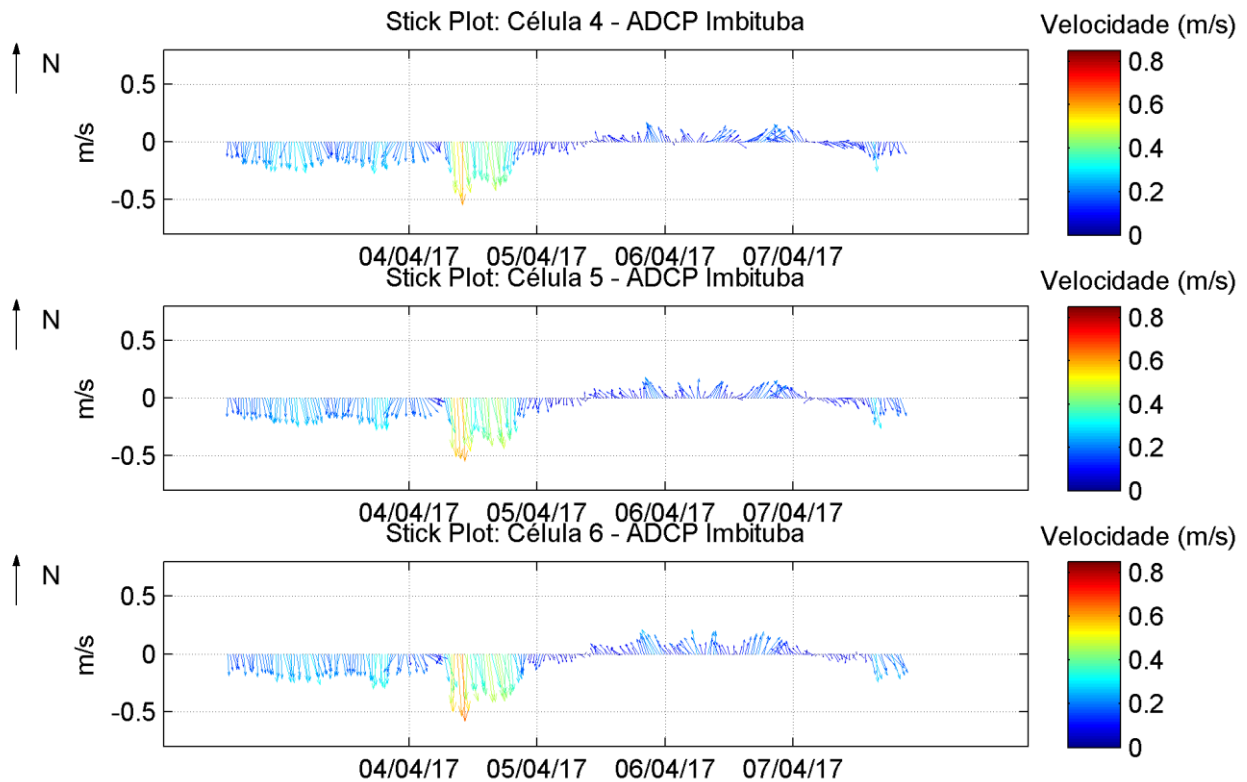


Figura 61. Diagrama *stick plot* de correntes para as células 4, 5 e 6 no período de 04/04/2017 a 07/04/2017.

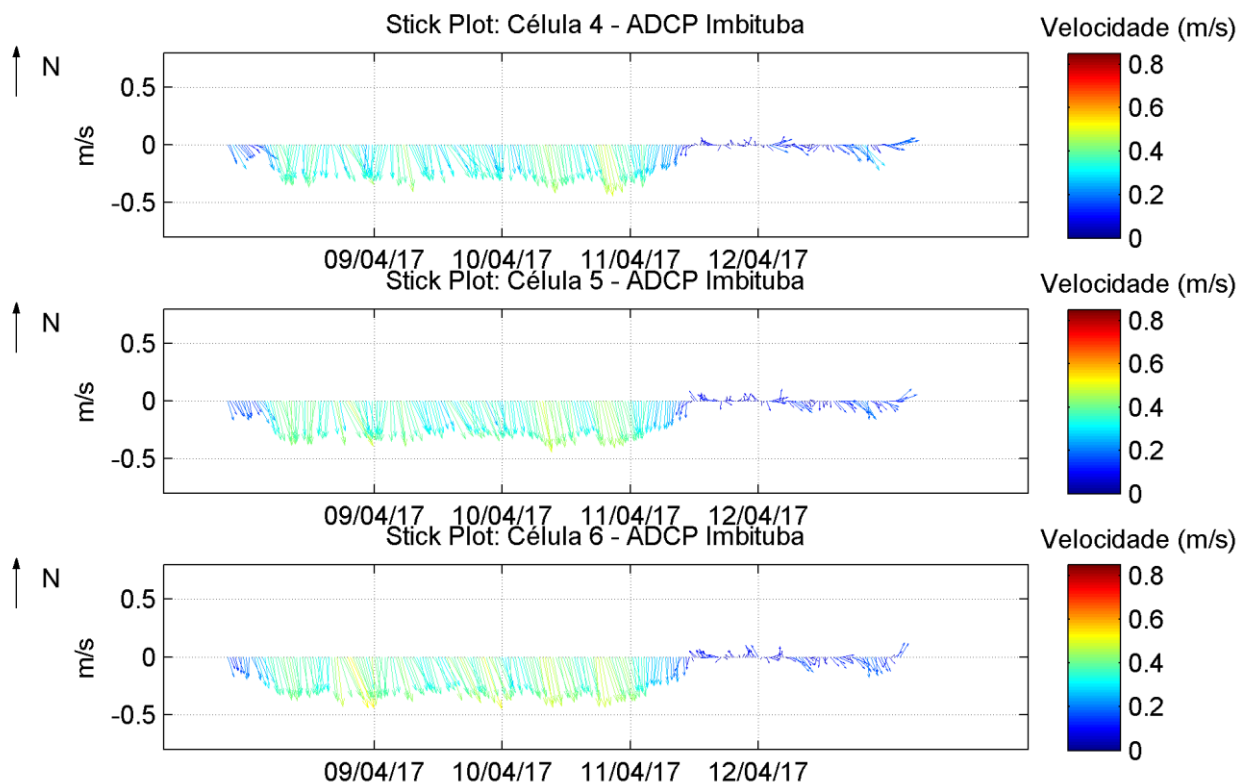


Figura 62. Diagrama *stick plot* de correntes para as células 4, 5 e 6 no período de 09/04/2017 a 12/04/2017.

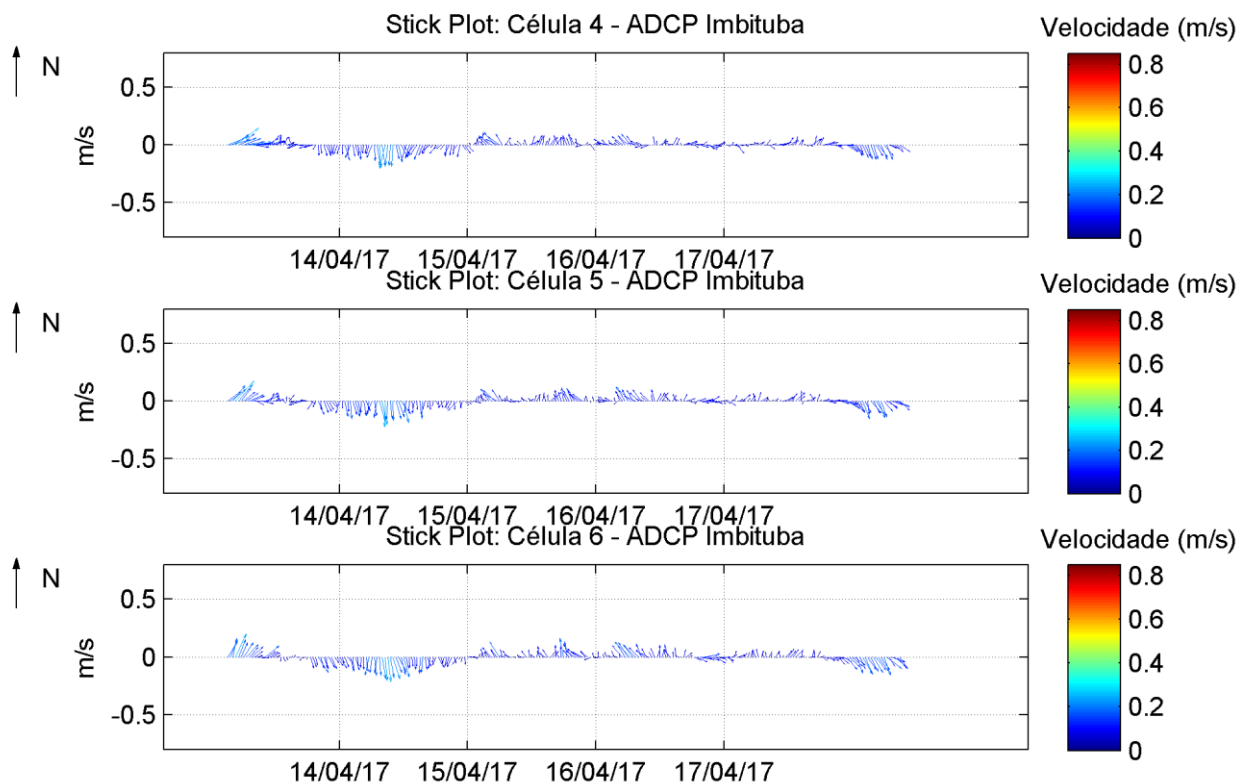


Figura 63. Diagrama *stick plot* de correntes para as células 4, 5 e 6 no período de 14/04/2017 a 17/04/2017.

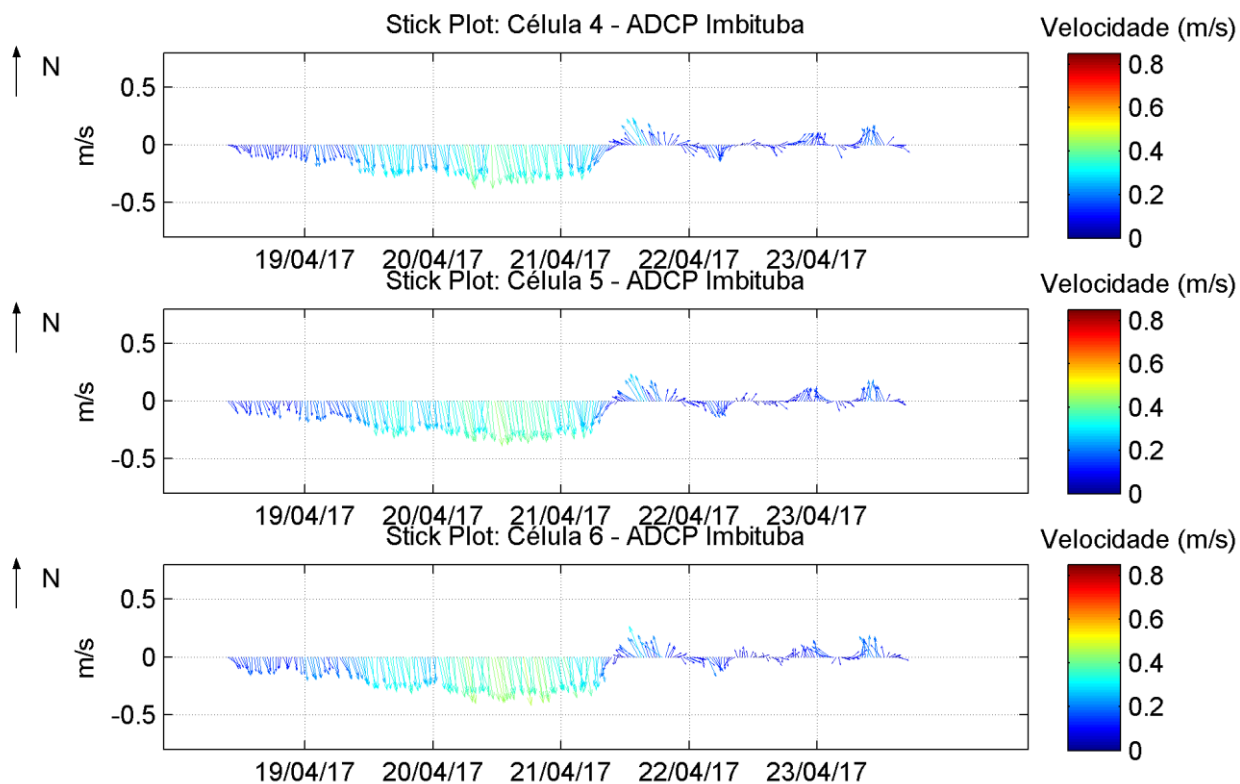


Figura 64. Diagrama *stick plot* de correntes para as células 4, 5 e 6 no período de 19/04/2017 a 23/04/2017.

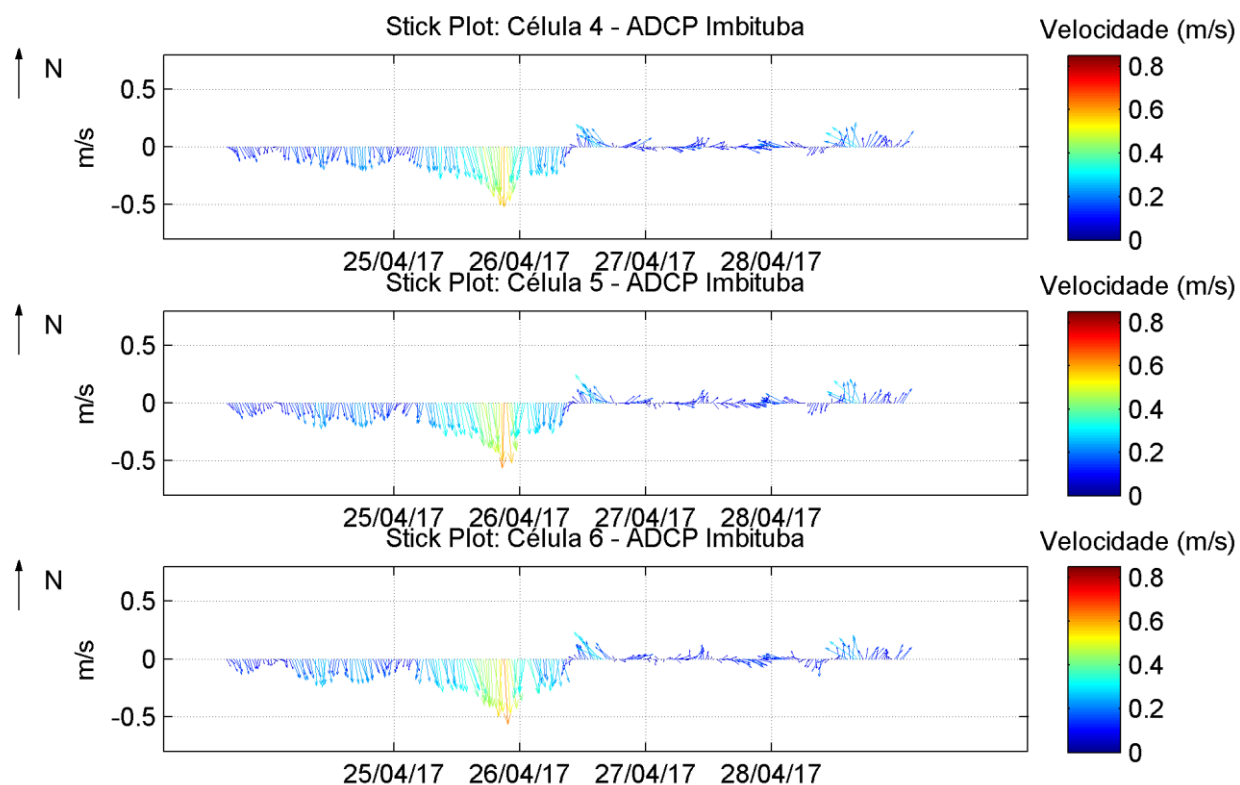


Figura 65. Diagrama *stick plot* de correntes para as células 4, 5 e 6 no período de 25/04/2017 a 28/04/2017.

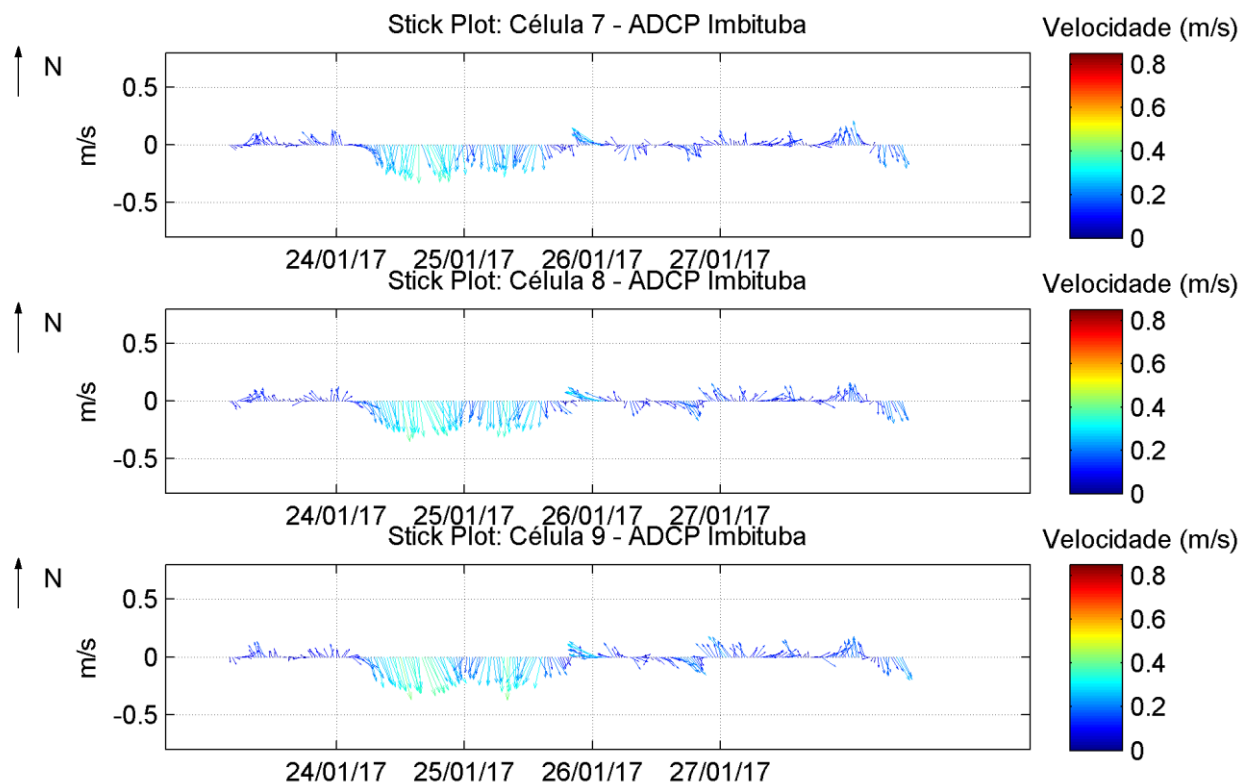


Figura 66. Diagrama *stick plot* de correntes para as células 7, 8 e 9 no período de 24/01/2017 a 27/01/2017.

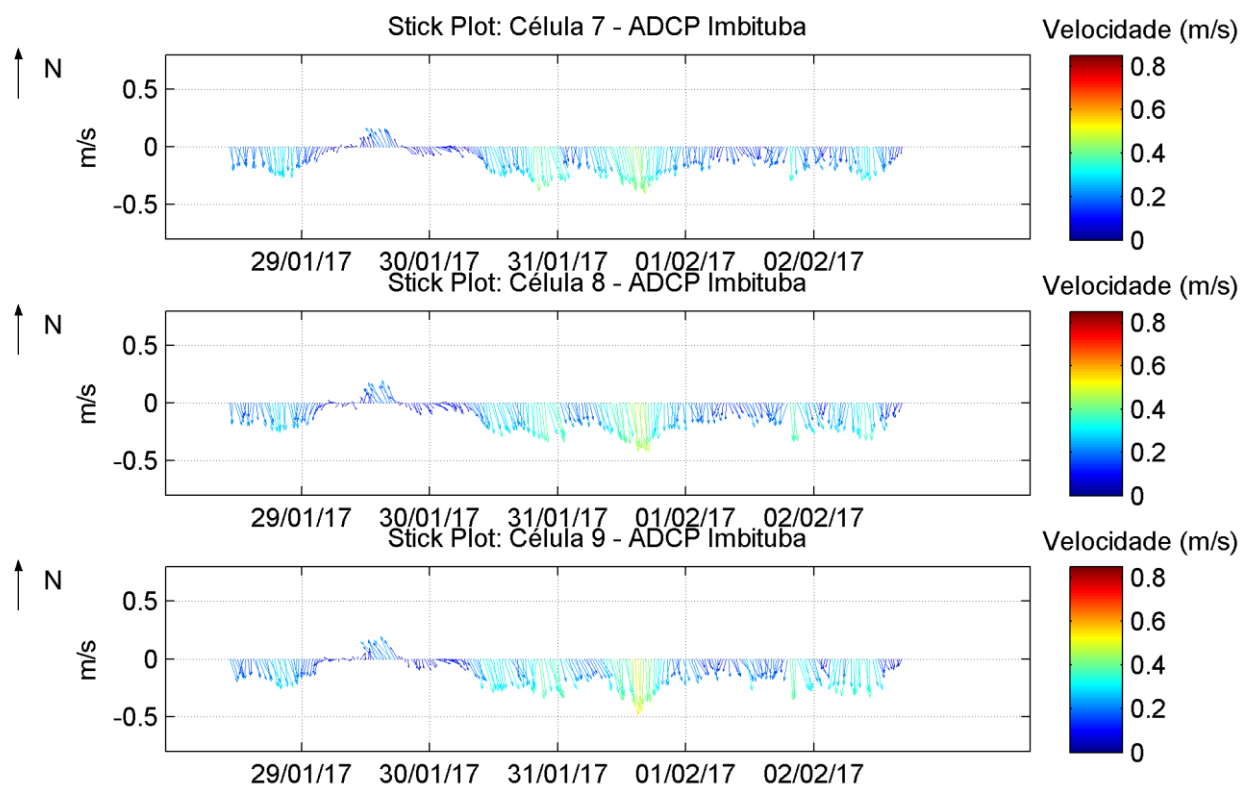


Figura 67. Diagrama *stick plot* de correntes para as células 7, 8 e 9 no período de 29/01/2017 a 02/02/2017.



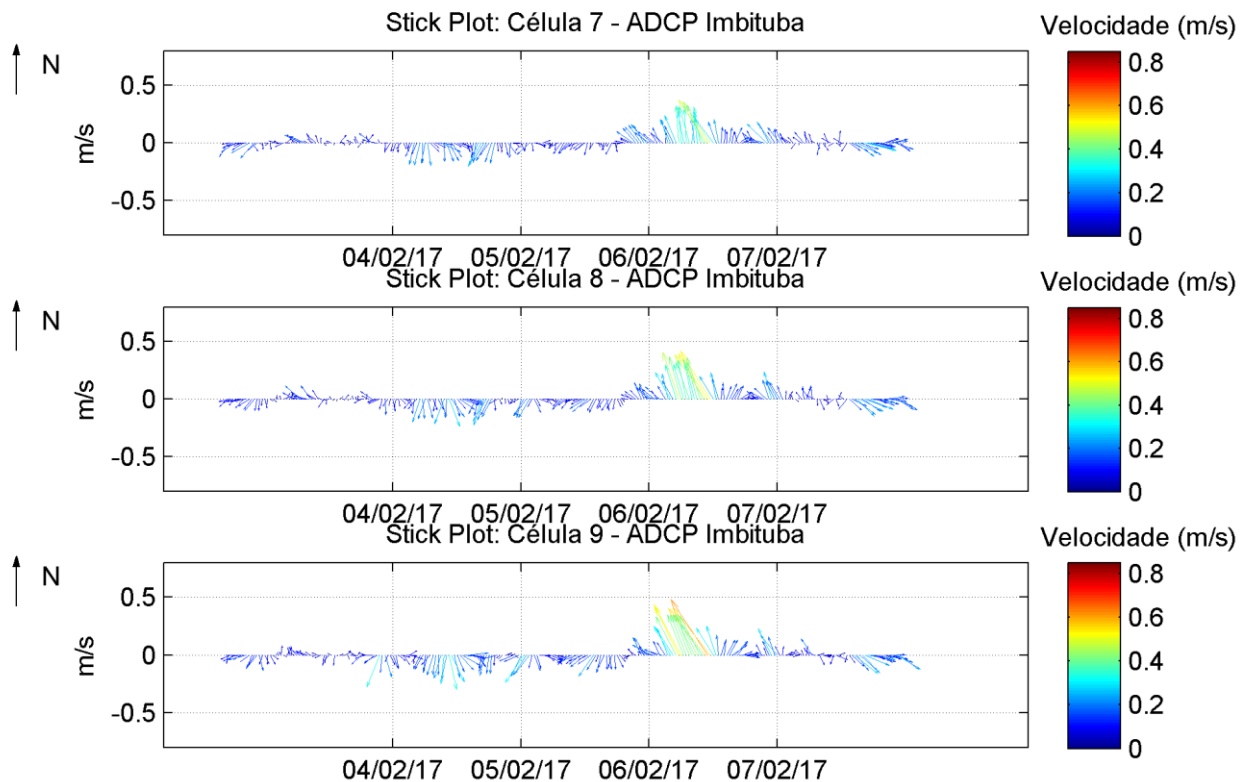


Figura 68. Diagrama *stick plot* de correntes para as células 7, 8 e 9 no período de 04/02/2017 a 07/02/2017.

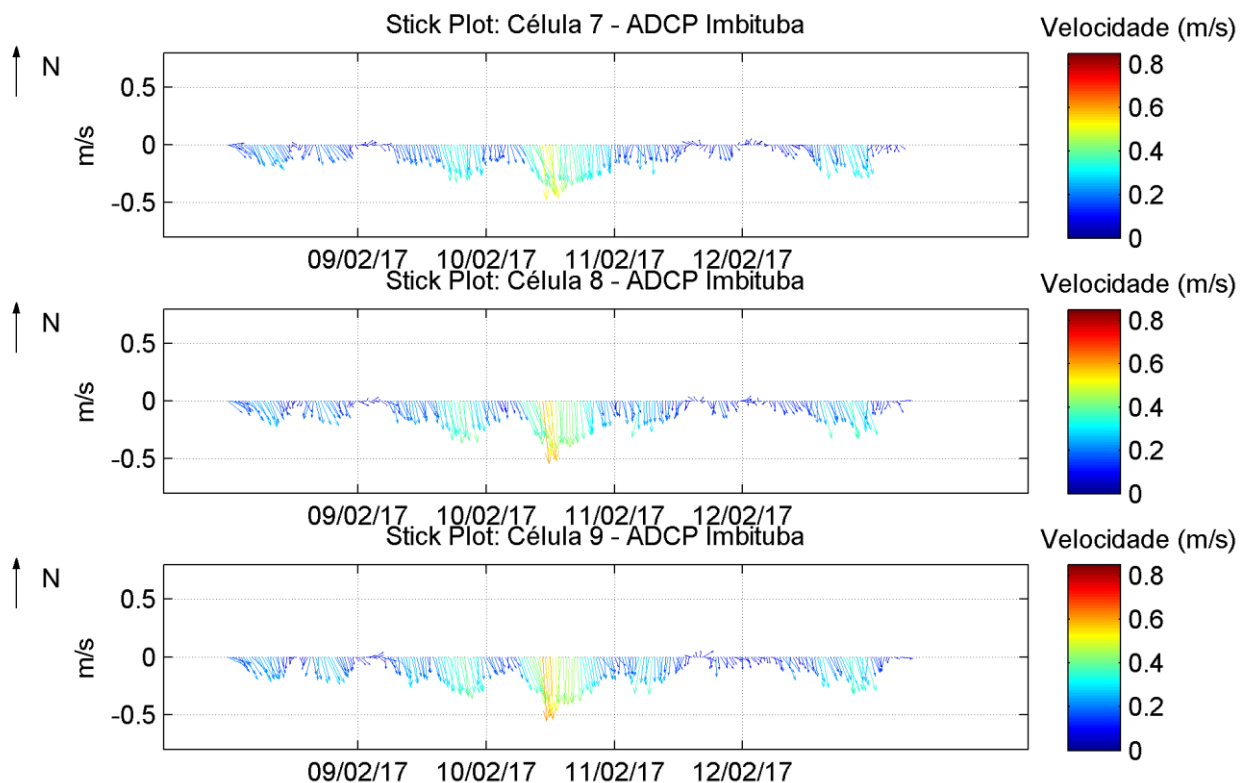


Figura 69. Diagrama *stick plot* de correntes para as células 7, 8 e 9 no período de 09/02/2017 a 12/02/2017.



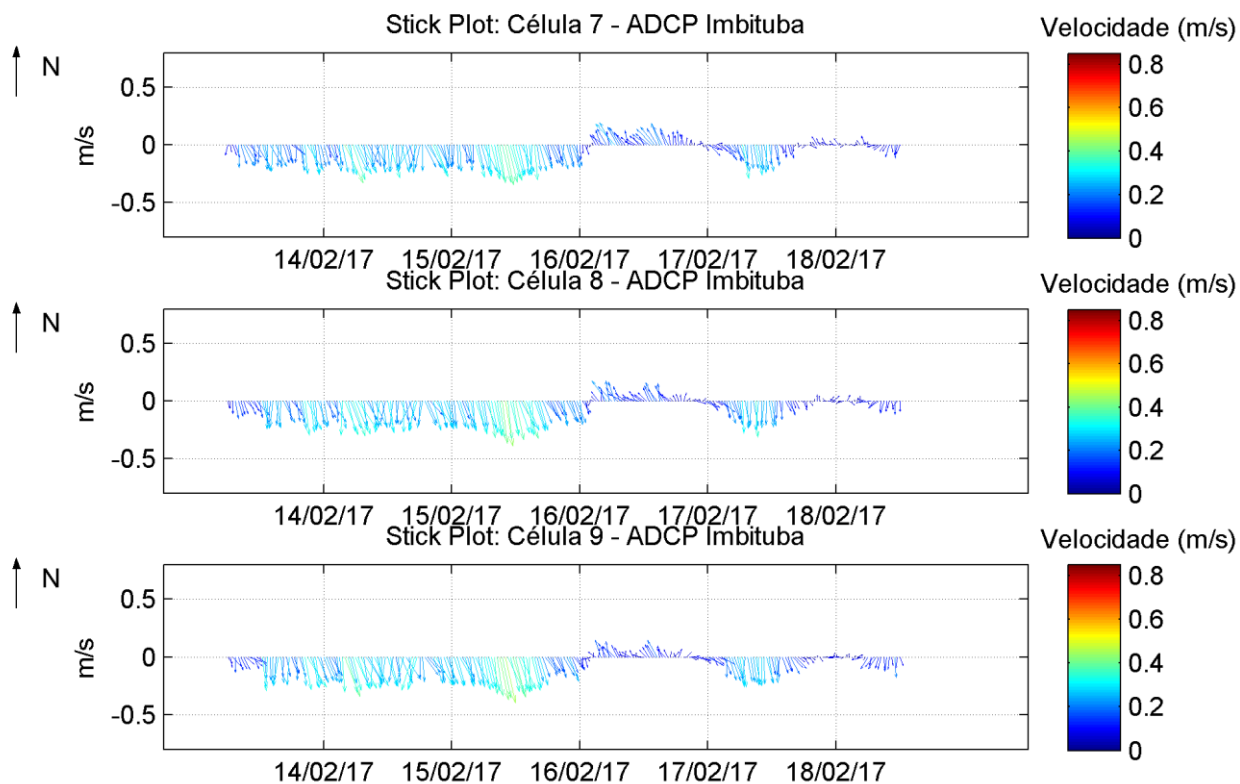


Figura 70. Diagrama *stick plot* de correntes para as células 7, 8 e 9 no período de 14/02/2017 a 18/02/2017.

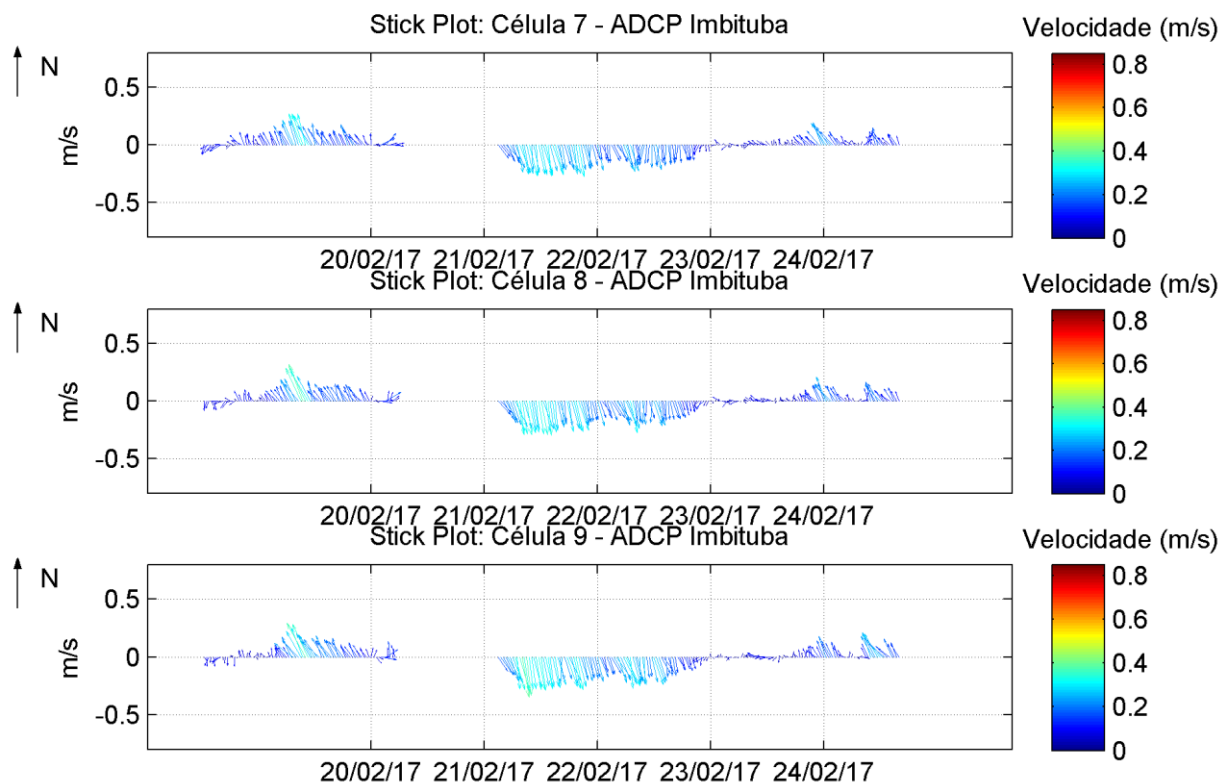


Figura 71. Diagrama *stick plot* de correntes para as células 7, 8 e 9 no período de 20/02/2017 a 24/02/2017.

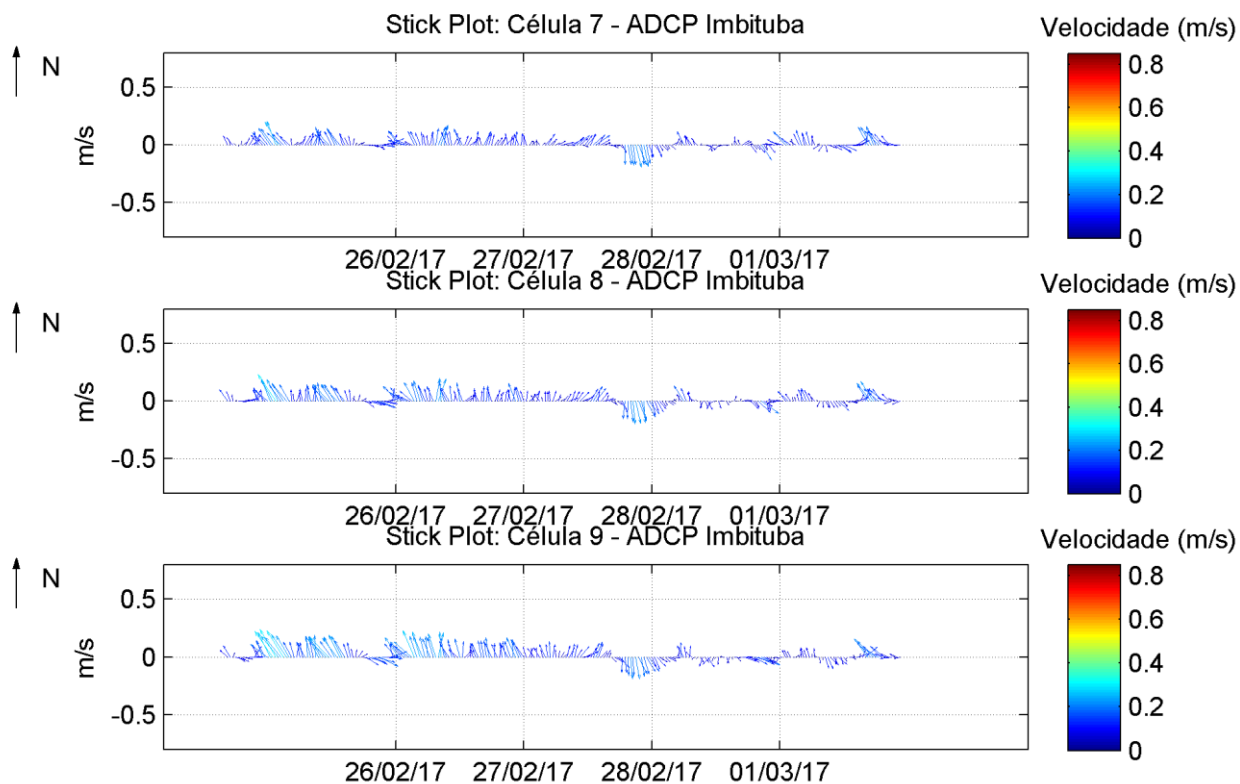


Figura 72. Diagrama *stick plot* de correntes para as células 7, 8 e 9 no período de 26/02/2017 a 01/03/2017.

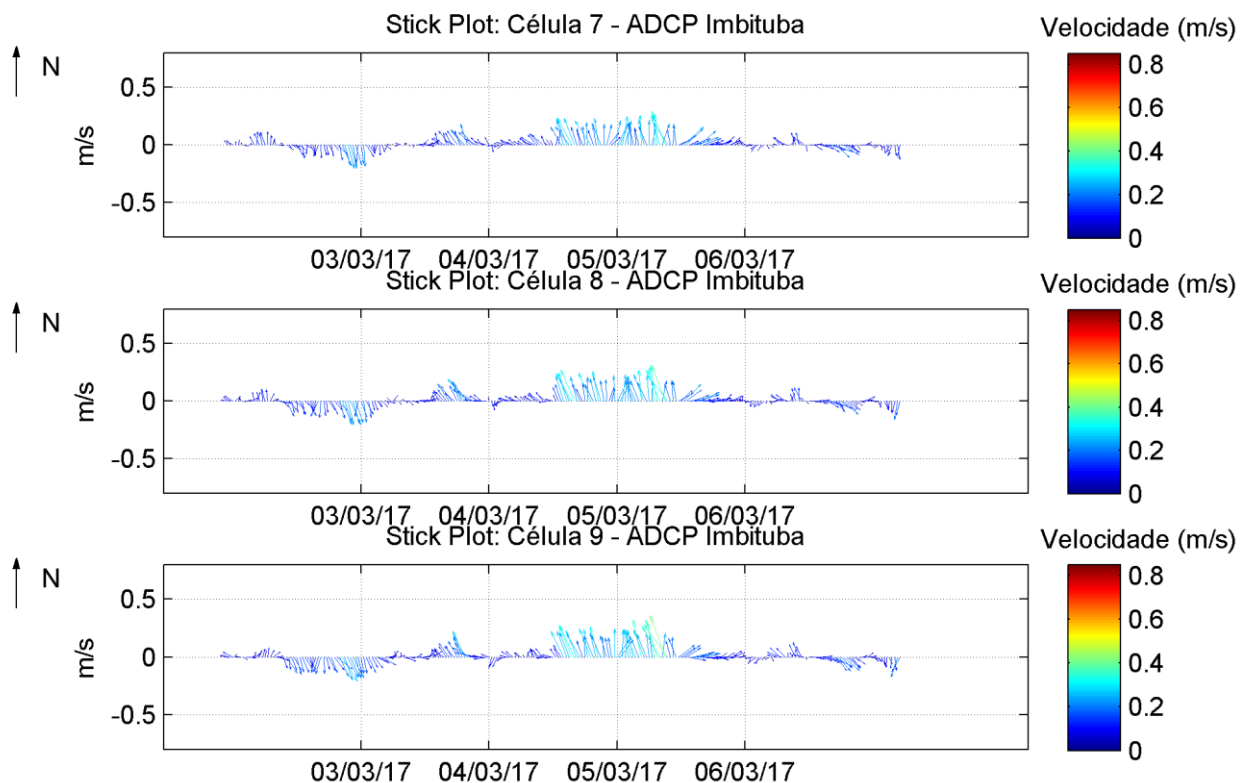


Figura 73. Diagrama *stick plot* de correntes para as células 7, 8 e 9 no período de 03/03/2017 a 06/03/2017.

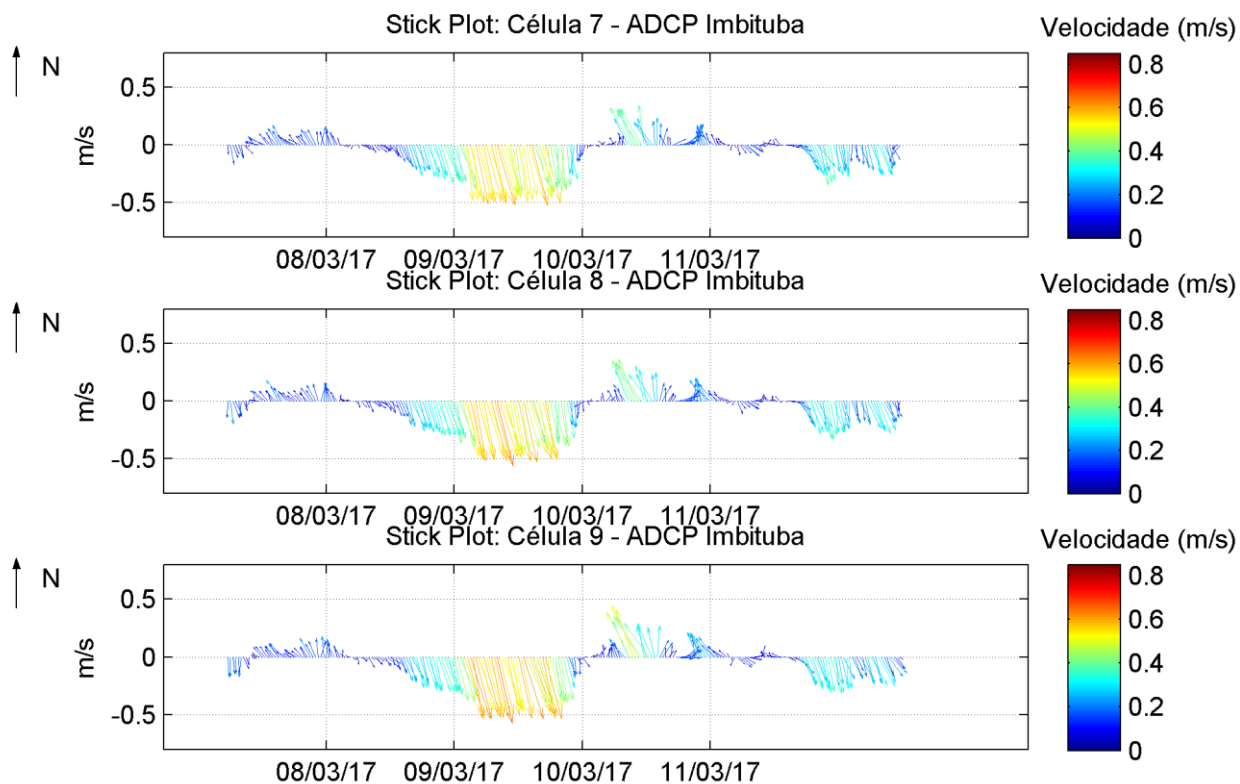


Figura 74. Diagrama *stick plot* de correntes para as células 7, 8 e 9 no período de 08/03/2017 a 11/03/2017.

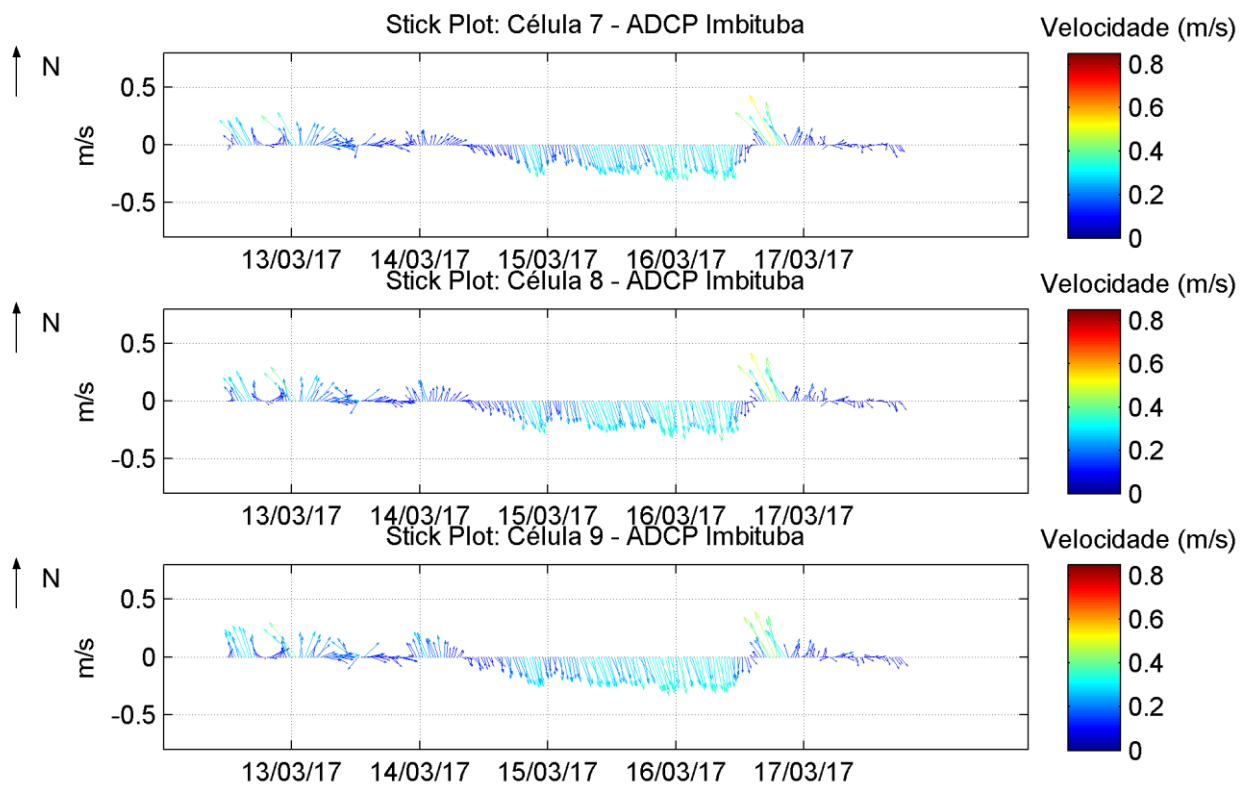


Figura 75. Diagrama *stick plot* de correntes para as células 7, 8 e 9 no período de 13/03/2017 a 17/03/2017.

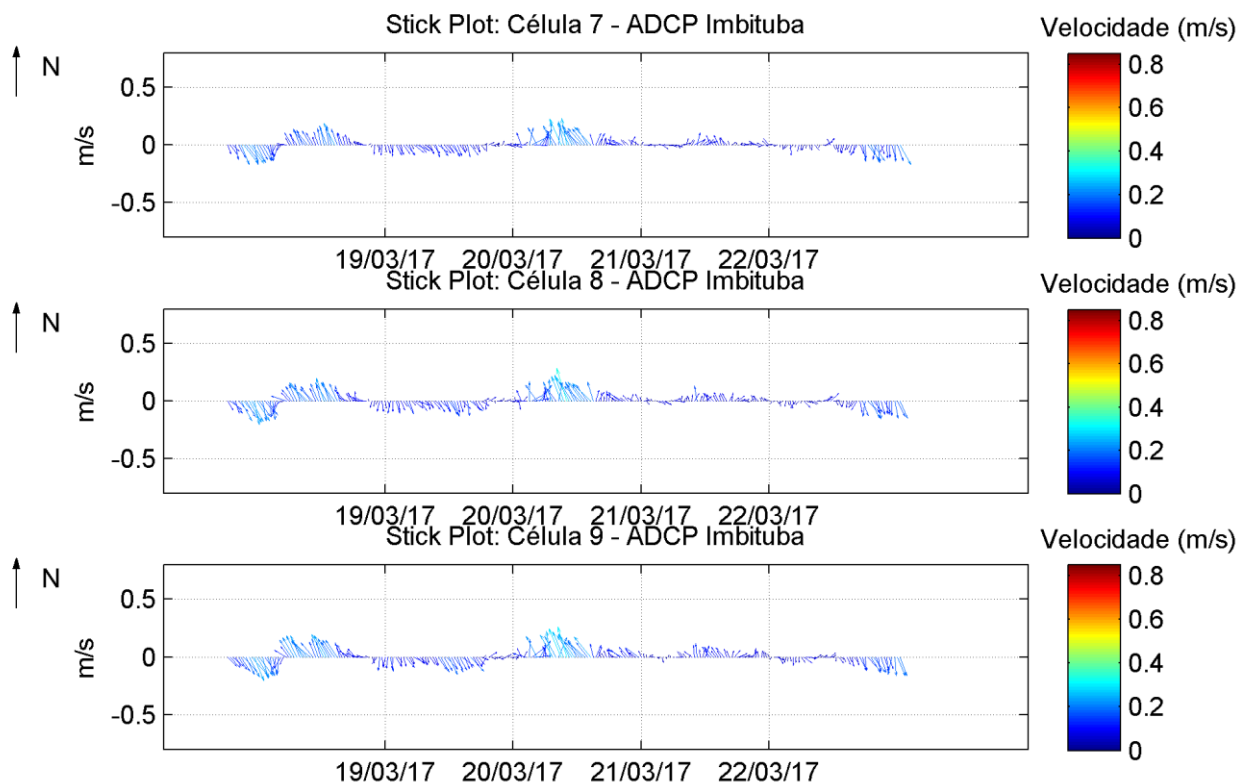


Figura 76. Diagrama *stick plot* de correntes para as células 7, 8 e 9 no período de 19/03/2017 a 22/03/2017.

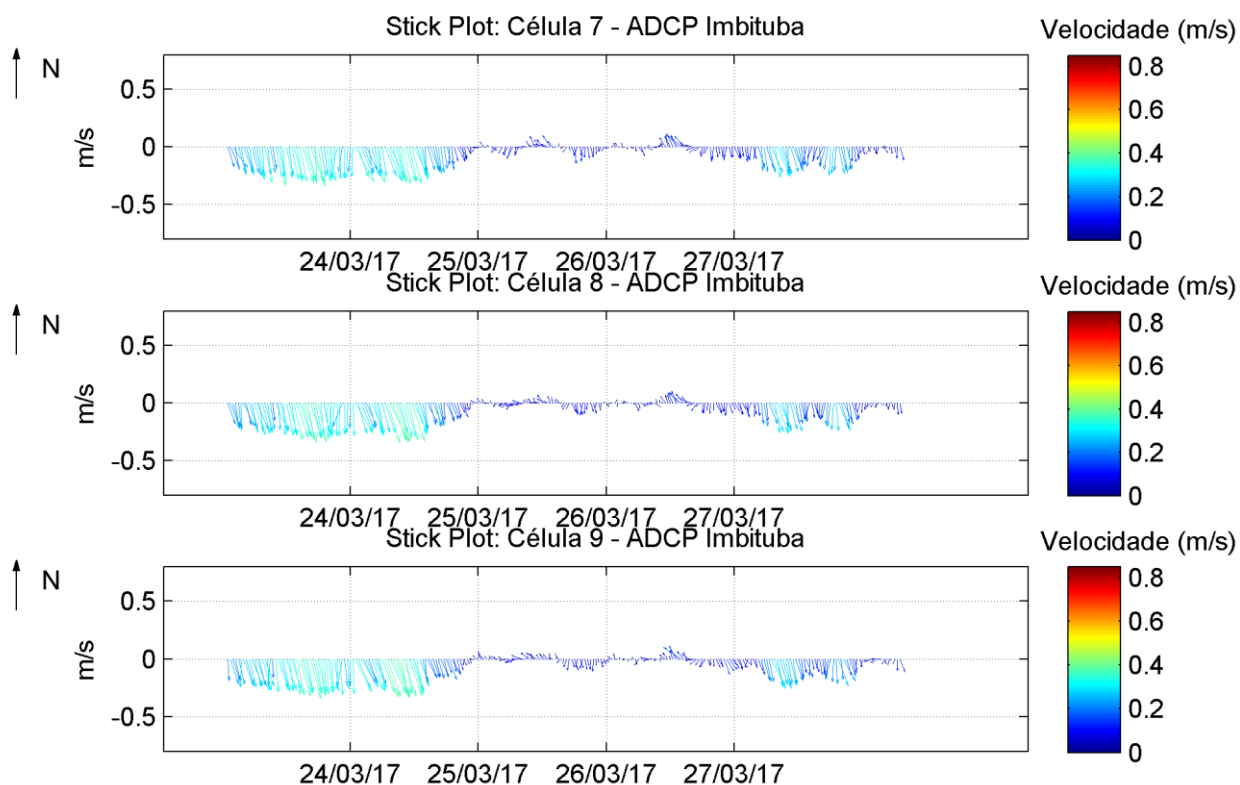


Figura 77. Diagrama *stick plot* de correntes para as células 7, 8 e 9 no período de 25/04/2017 a 28/04/2017.

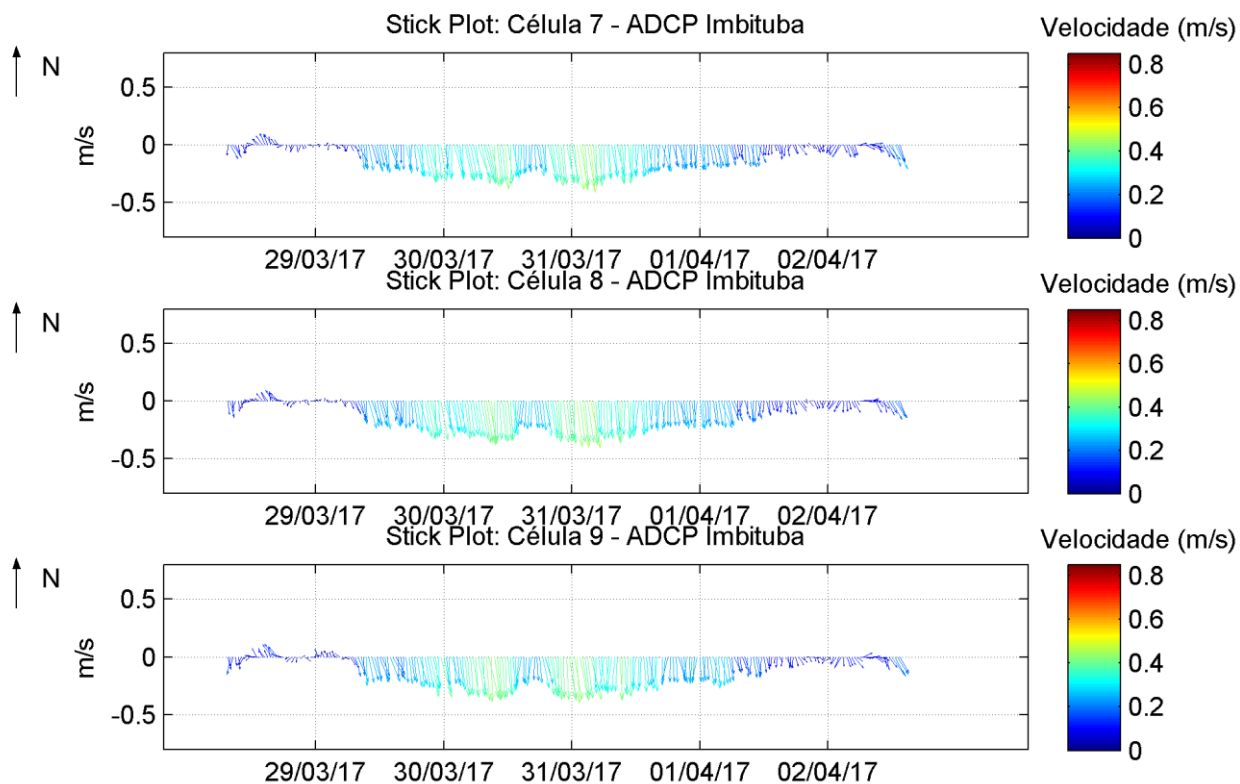


Figura 78. Diagrama *stick plot* de correntes para as células 7, 8 e 9 no período de 29/03/2017 a 02/04/2017.

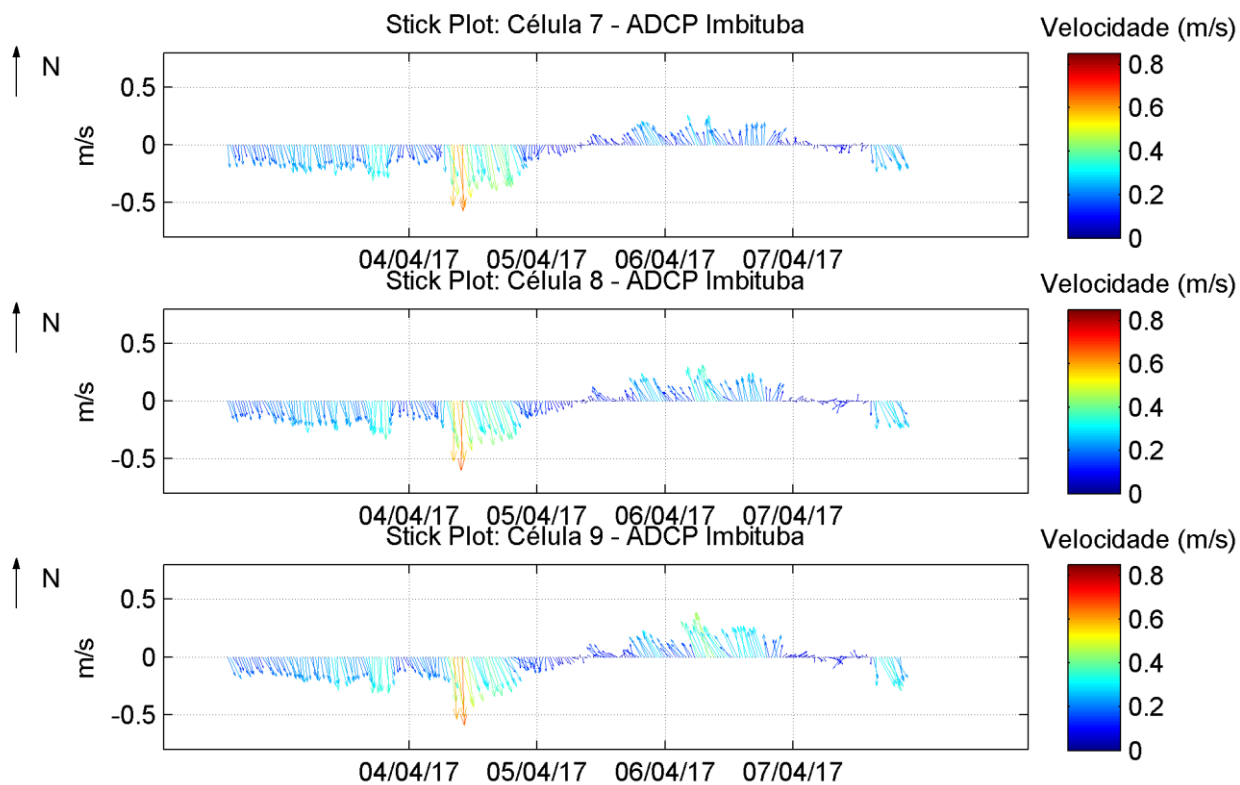


Figura 79. Diagrama *stick plot* de correntes para as células 7, 8 e 9 no período de 04/04/2017 a 07/04/2017.

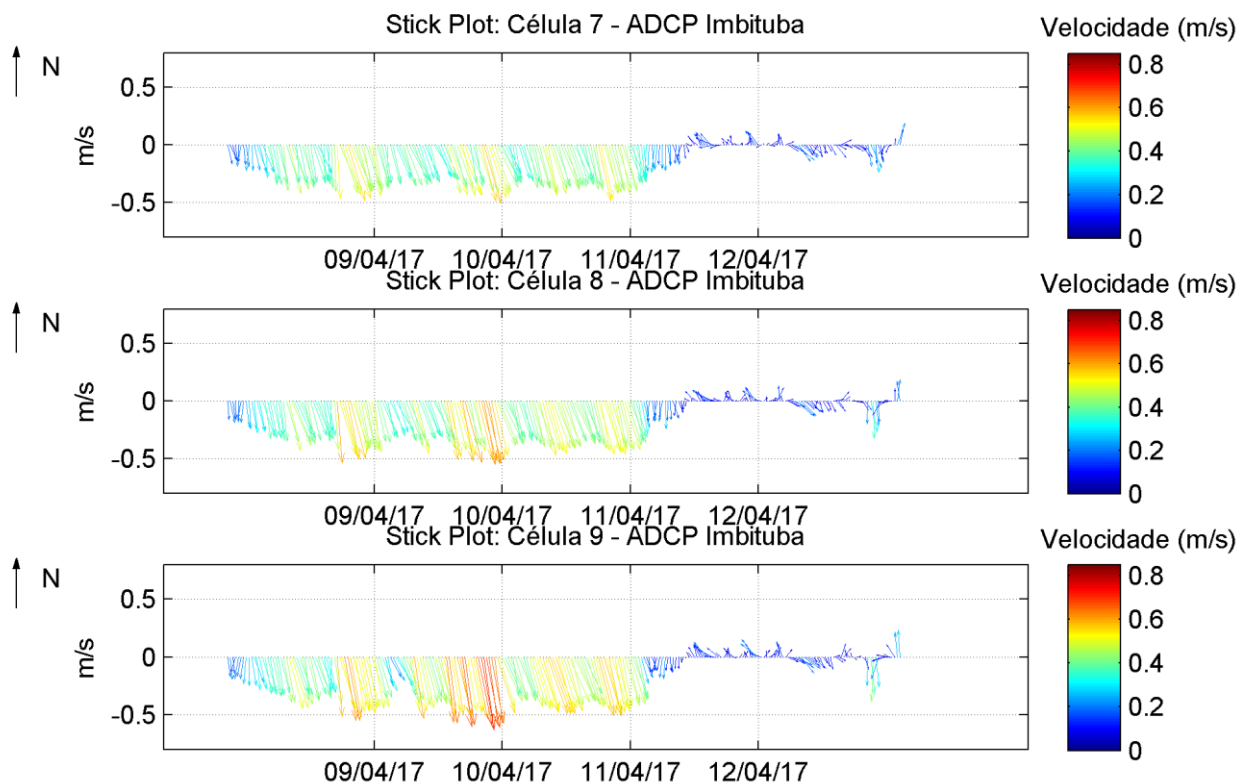


Figura 80. Diagrama *stick plot* de correntes para as células 7, 8 e 9 no período de 09/04/2017 a 12/04/2017.

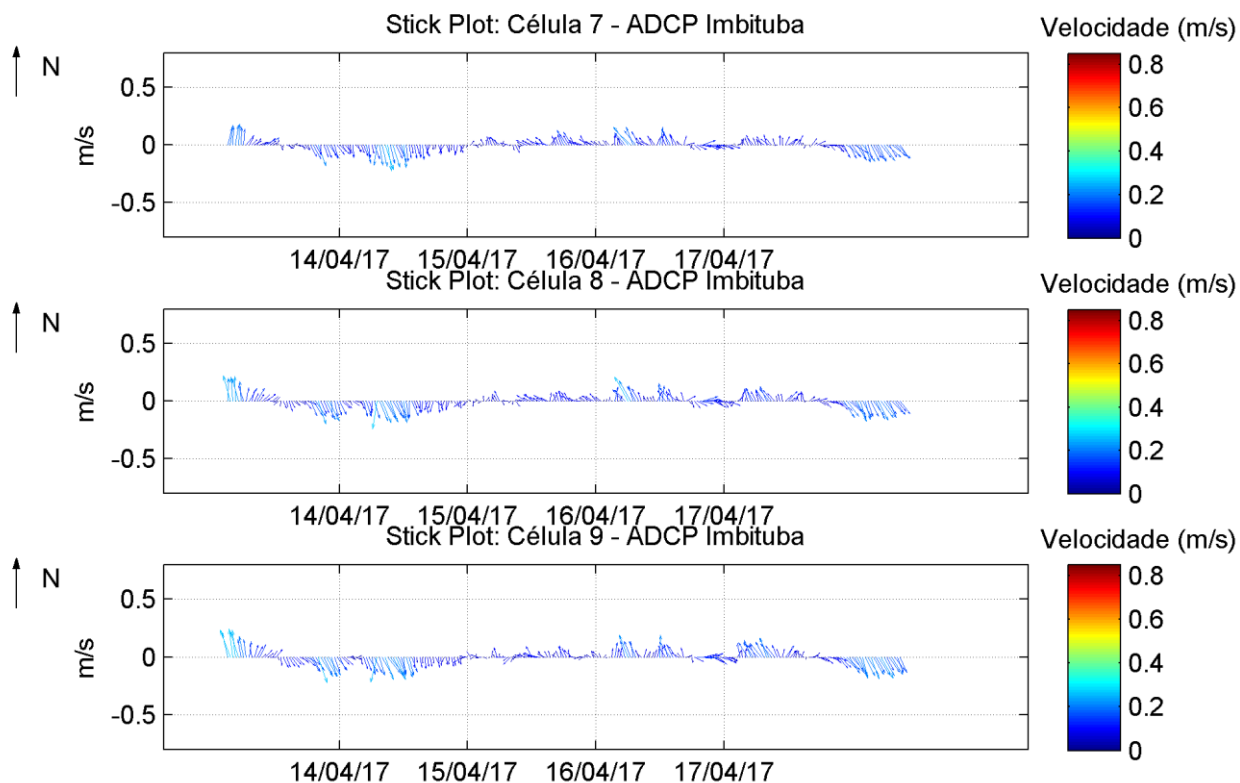


Figura 81. Diagrama *stick plot* de correntes para as células 7, 8 e 9 no período de 14/04/2017 a 17/04/2017.



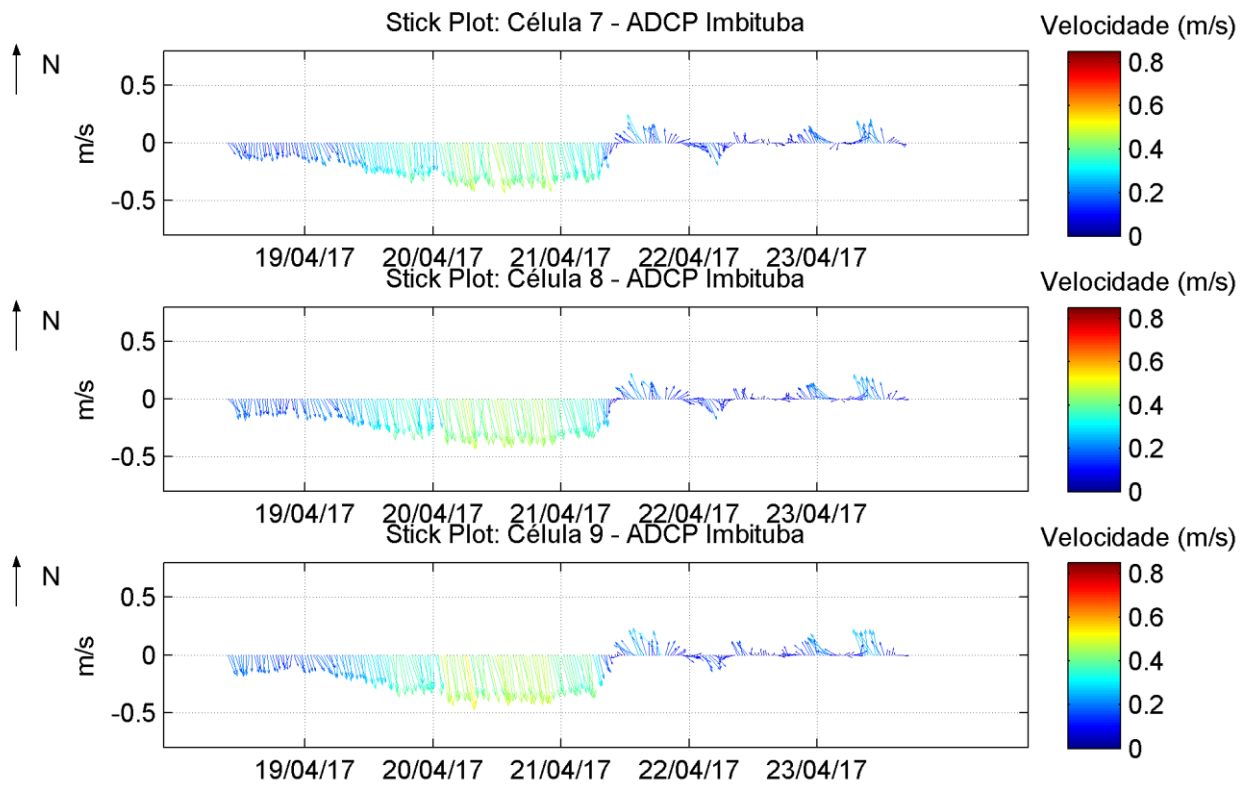


Figura 82. Diagrama *stick plot* de correntes para as células 7, 8 e 9 no período de 19/04/2017 a 23/04/2017.

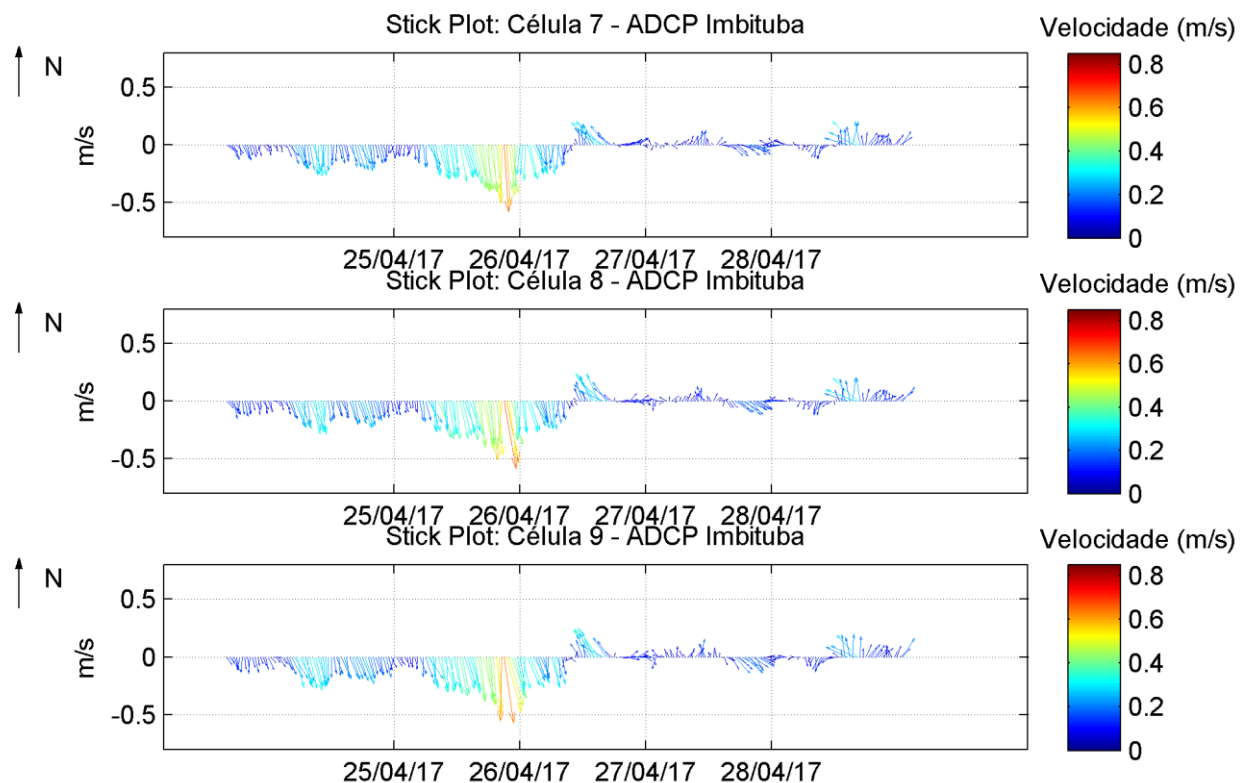


Figura 83. Diagrama *stick plot* de correntes para as células 7, 8 e 9 no período de 25/04/2017 a 28/04/2017.

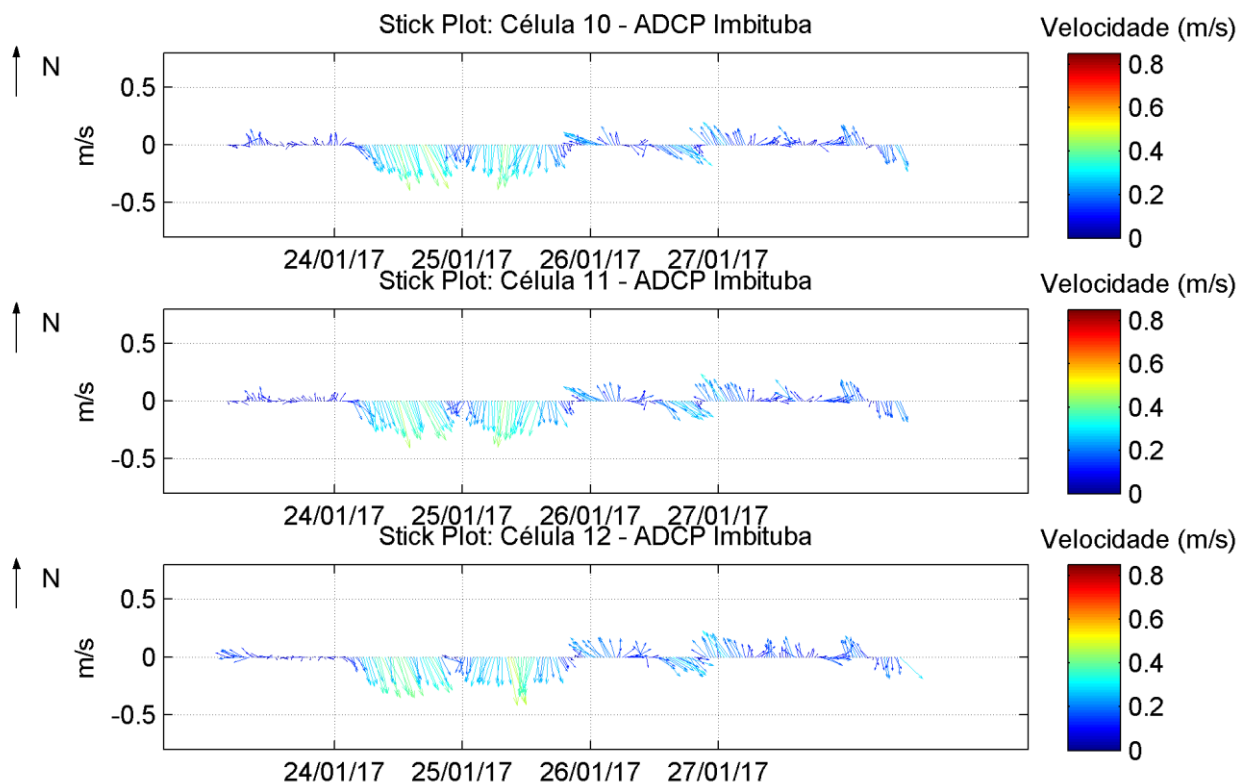


Figura 84. Diagrama *stick plot* de correntes para as células 10, 11 e 12 no período de 24/01/2017 a 27/01/2017.

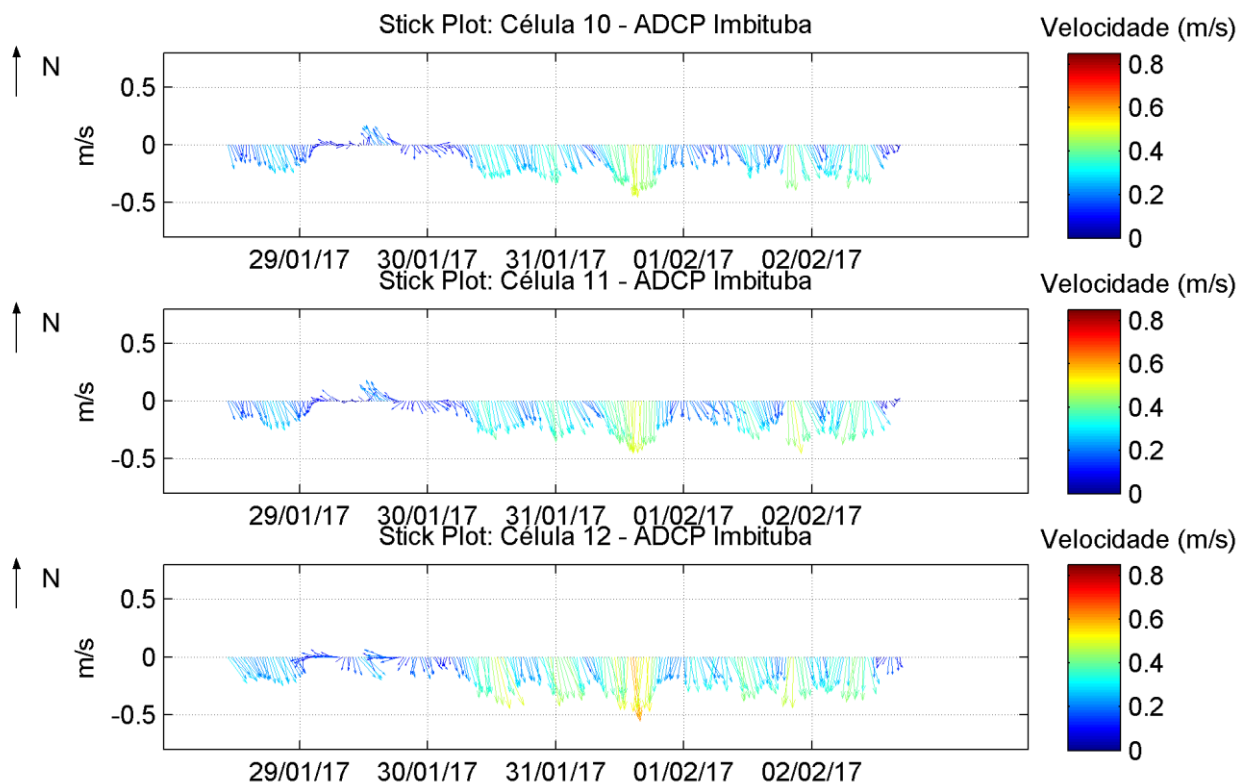


Figura 85. Diagrama *stick plot* de correntes para as células 10, 11 e 12 no período de 29/01/2017 a 02/02/2017.

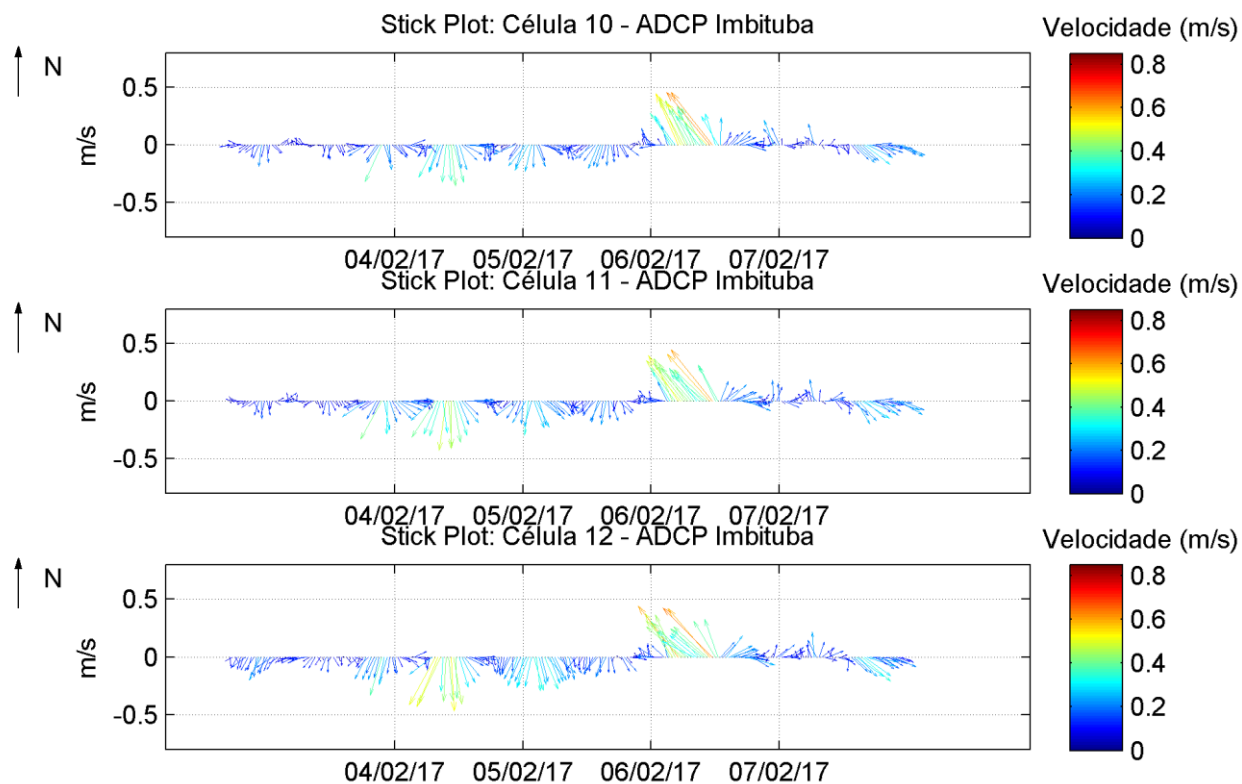


Figura 86. Diagrama *stick plot* de correntes para as células 10, 11 e 12 no período de 04/01/2017 a 07/01/2017.

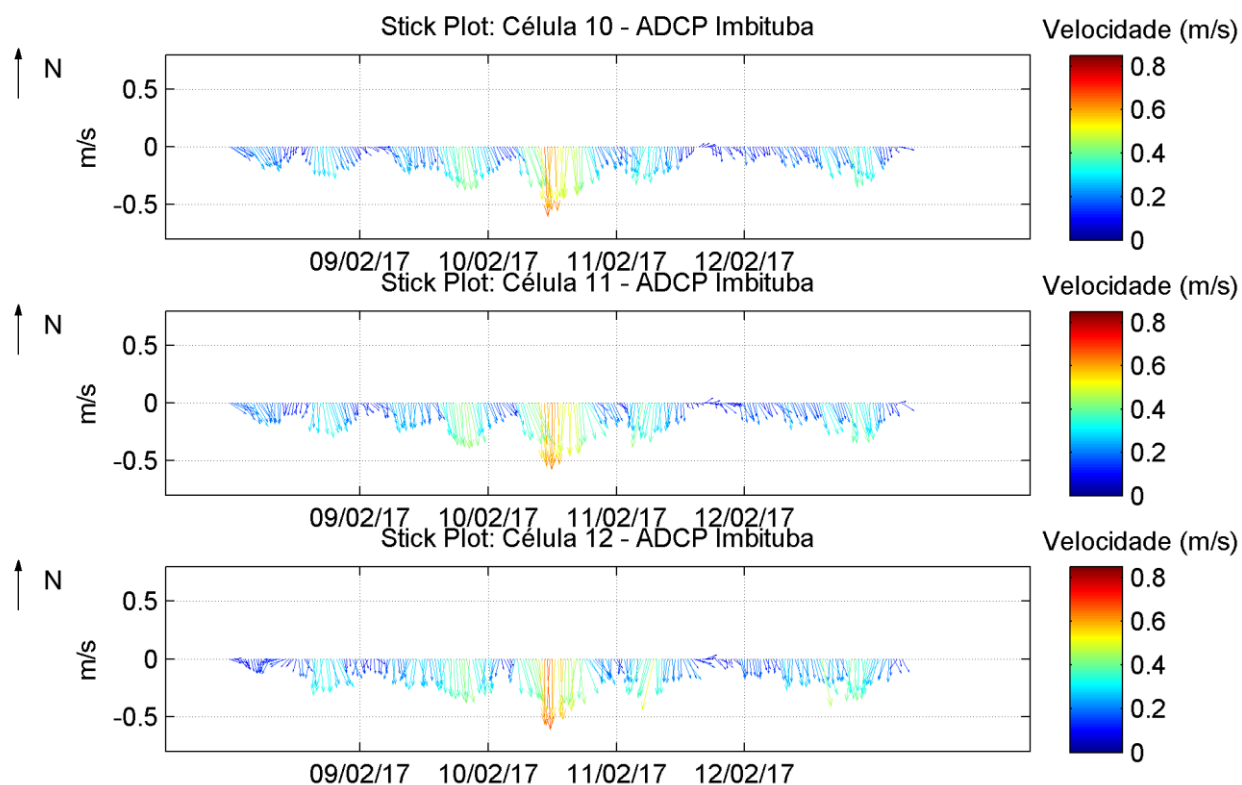


Figura 87. Diagrama *stick plot* de correntes para as células 10, 11 e 12 no período de 09/02/2017 a 12/02/2017.

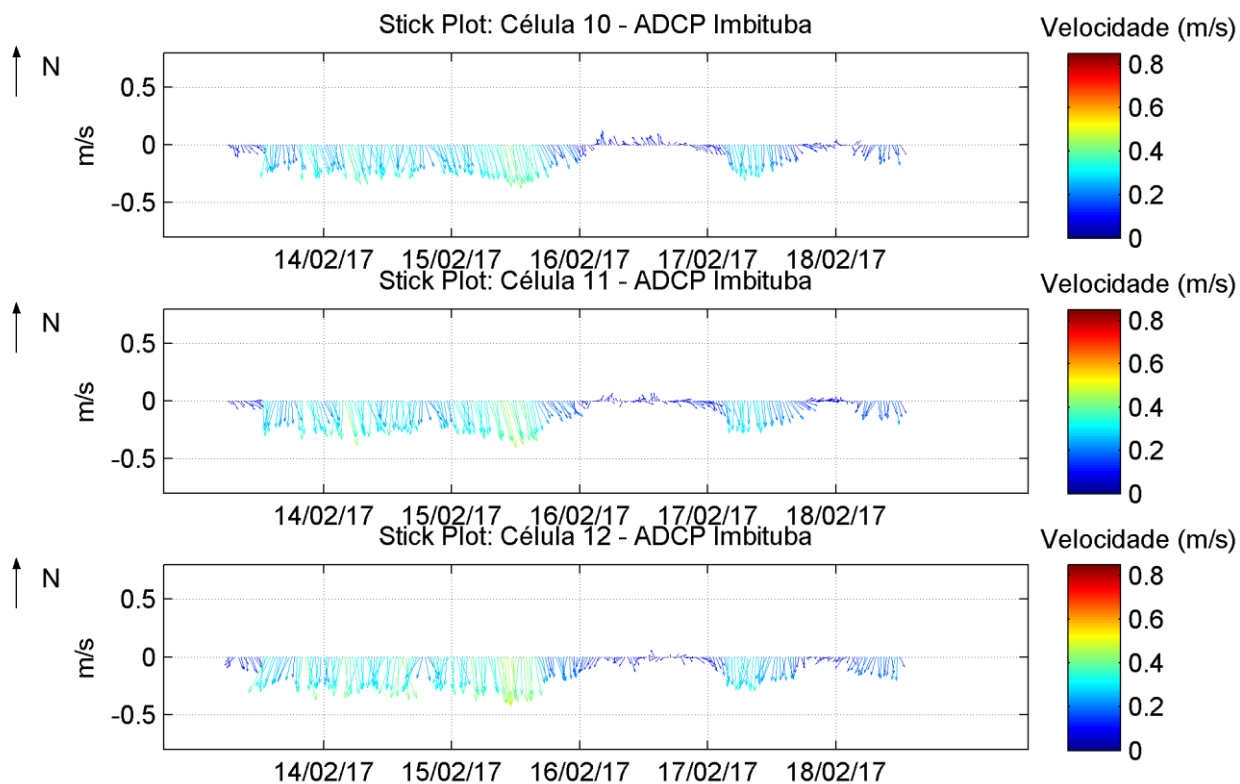


Figura 88. Diagrama *stick plot* de correntes para as células 10, 11 e 12 no período de 14/02/2017 a 18/02/2017.

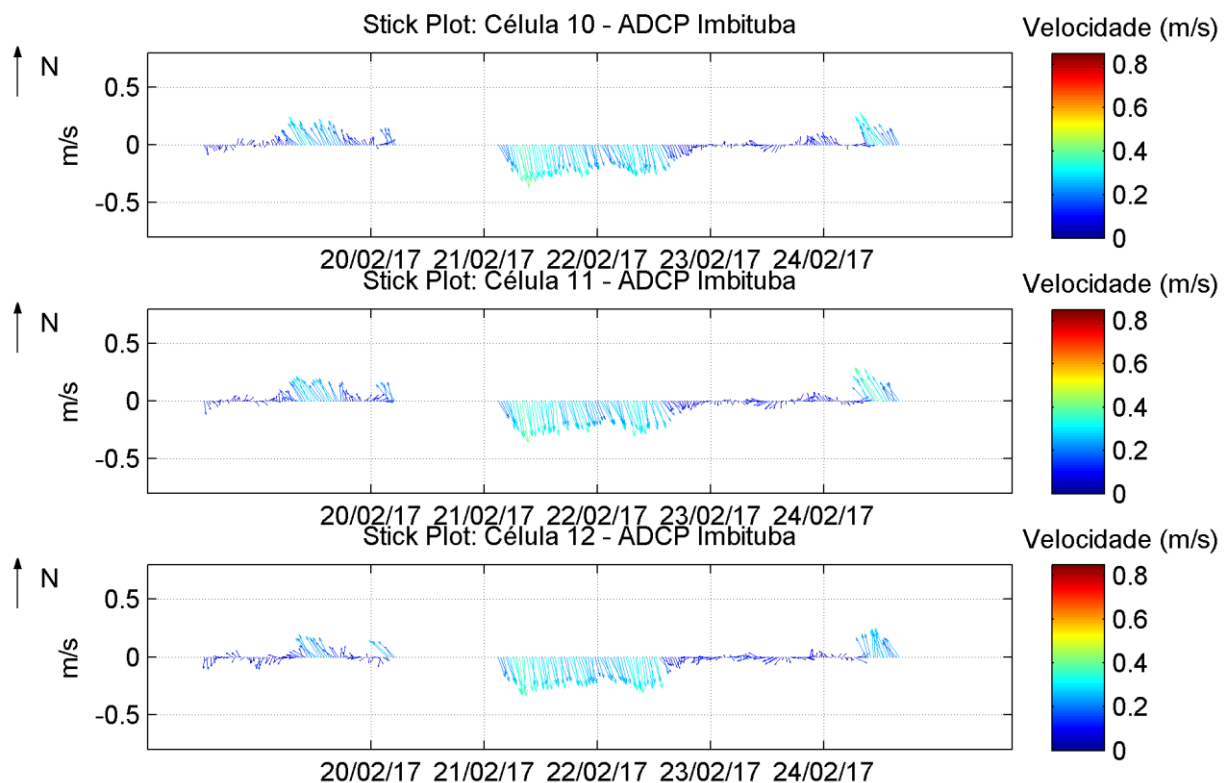


Figura 89. Diagrama *stick plot* de correntes para as células 10, 11 e 12 no período de 20/02/2017 a 24/02/2017.

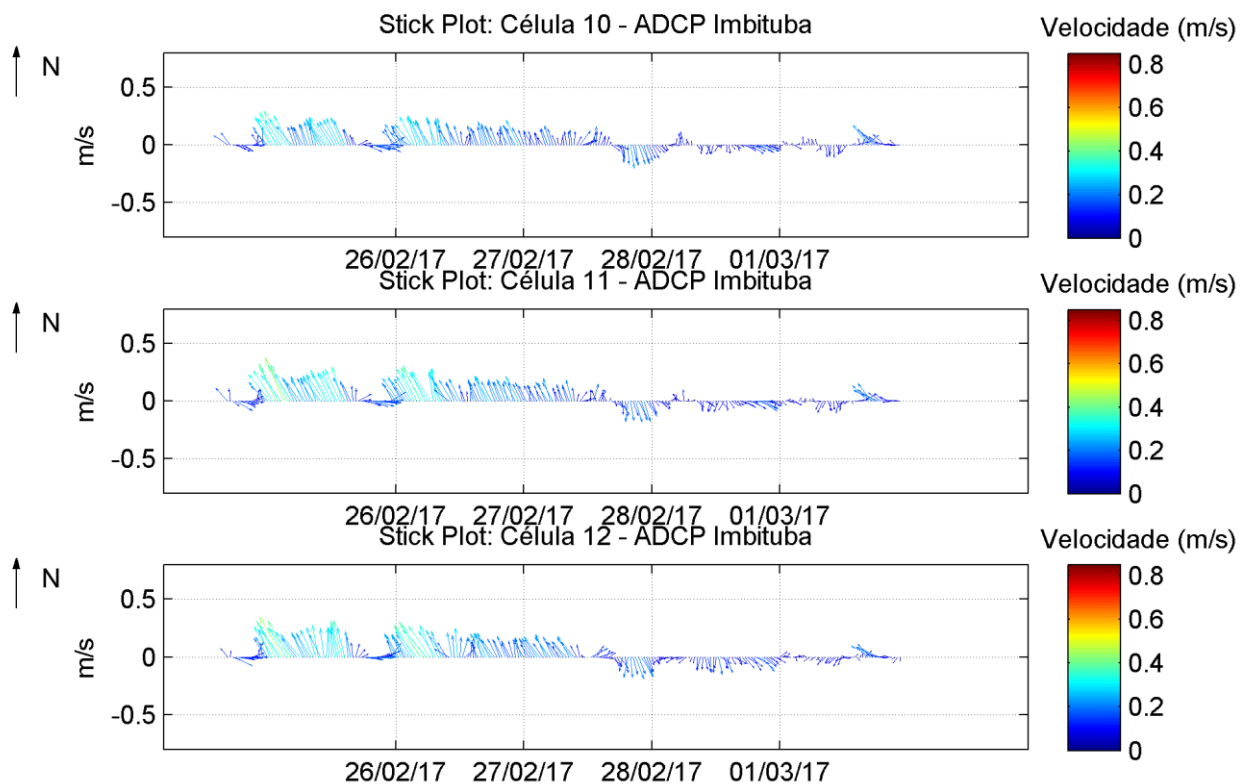


Figura 90. Diagrama *stick plot* de correntes para as células 10, 11 e 12 no período de 26/02/2017 a 01/03/2017.

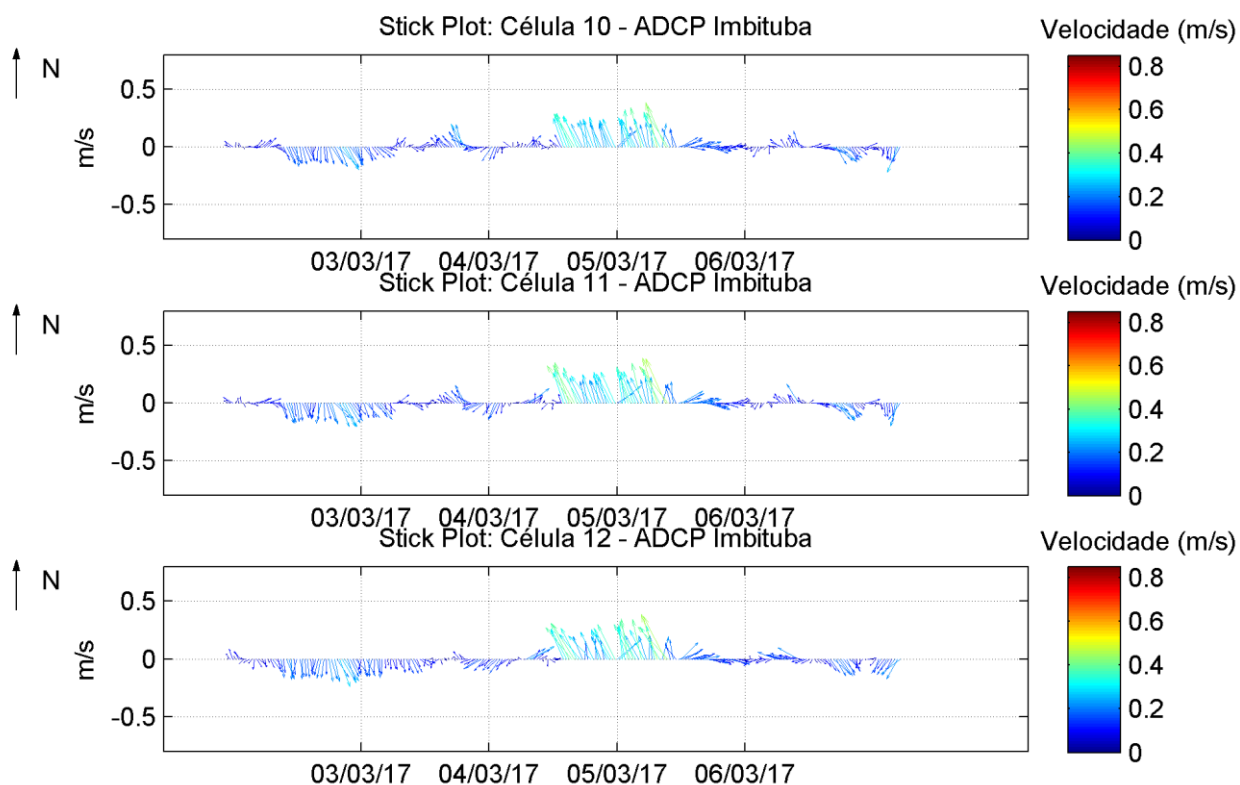


Figura 91. Diagrama *stick plot* de correntes para as células 10, 11 e 12 no período de 03/03/2017 a 06/03/2017.

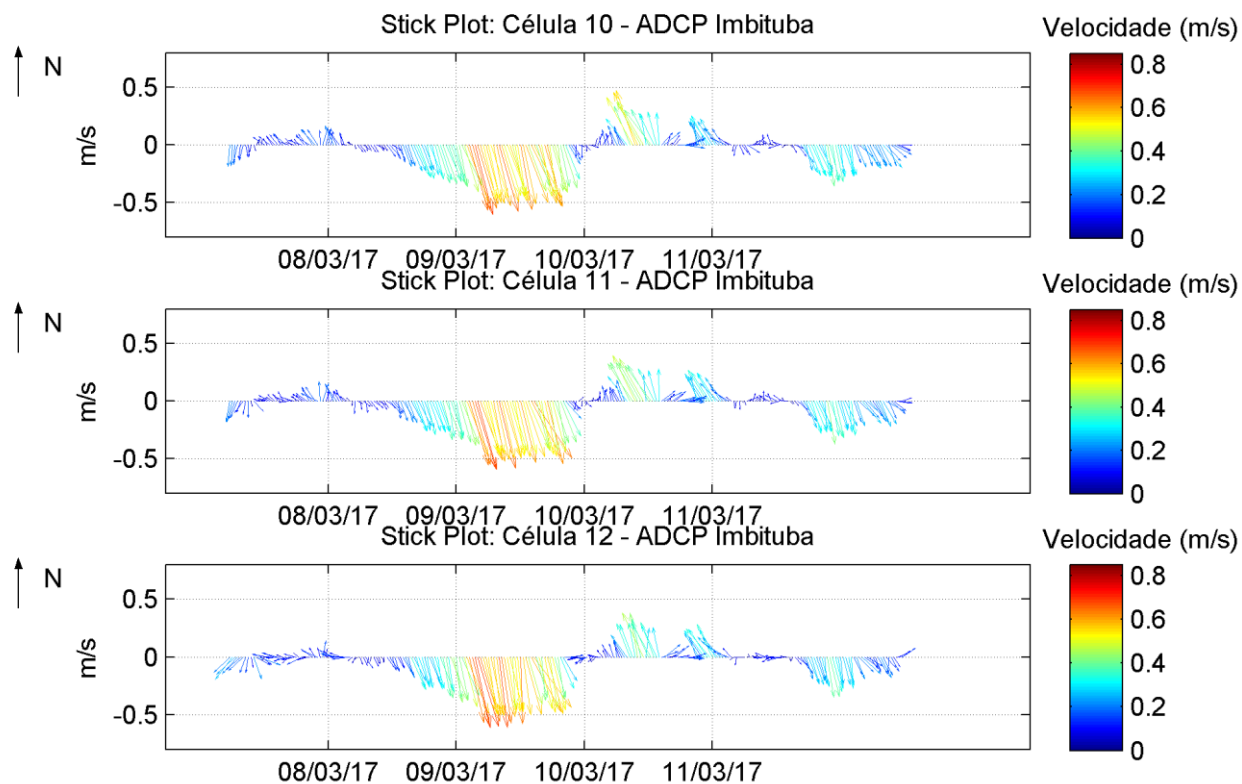


Figura 92. Diagrama *stick plot* de correntes para as células 10, 11 e 12 no período de 08/03/2017 a 11/03/2017.

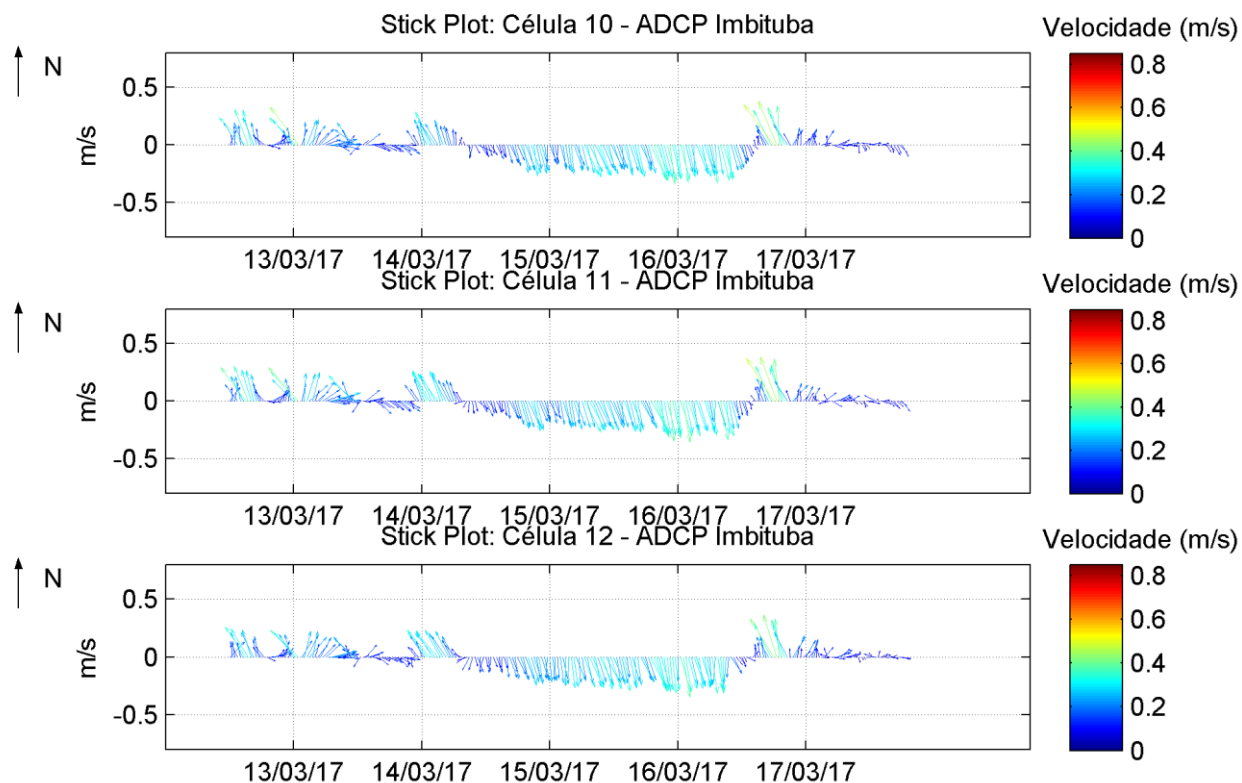


Figura 93. Diagrama *stick plot* de correntes para as células 10, 11 e 12 no período de 13/03/2017 a 17/03/2017.



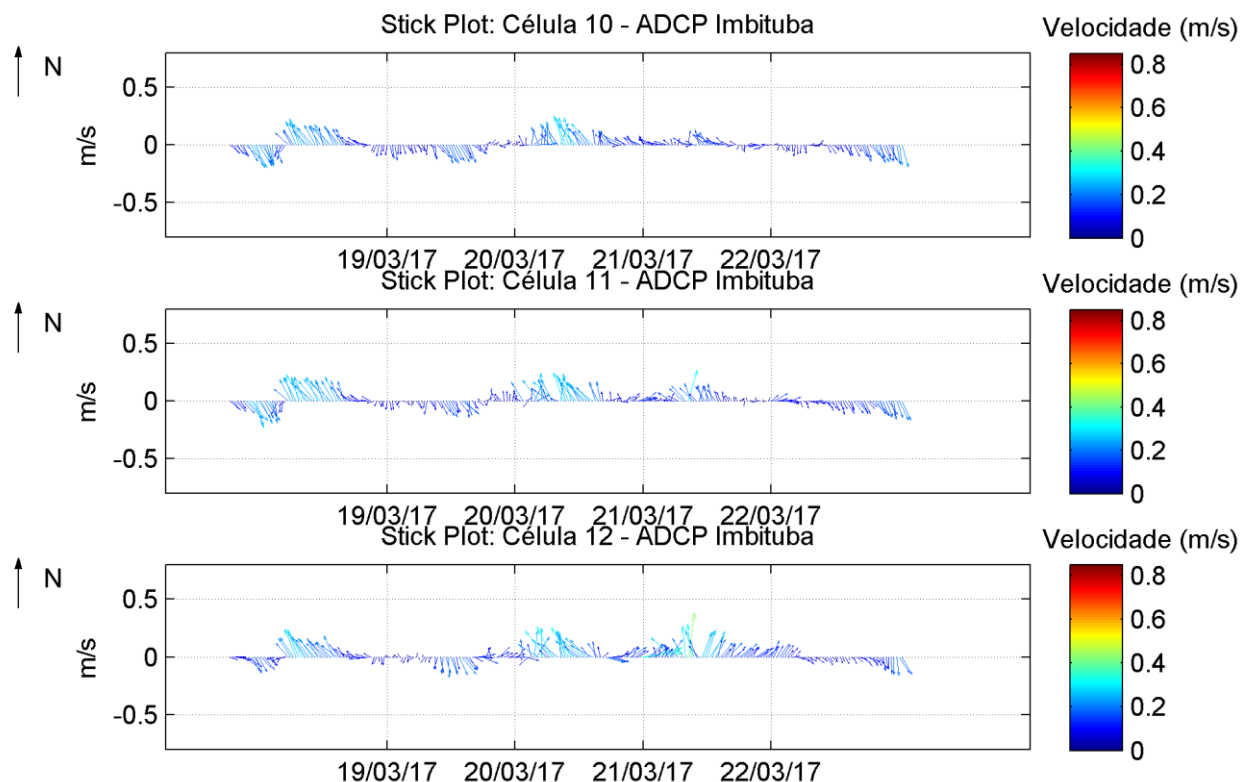


Figura 94. Diagrama *stick plot* de correntes para as células 10, 11 e 12 no período de 19/03/2017 a 22/03/2017.

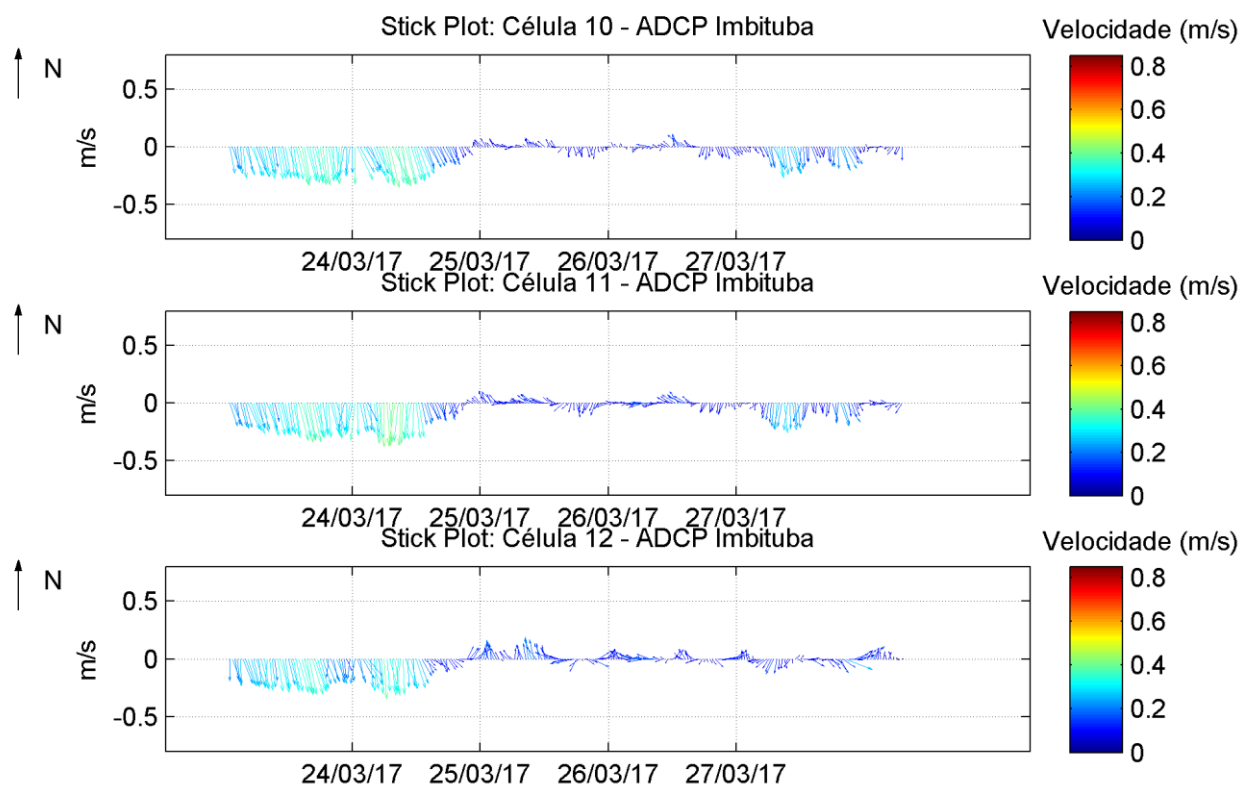


Figura 95. Diagrama *stick plot* de correntes para as células 10, 11 e 12 no período de 24/03/2017 a 27/03/2017.

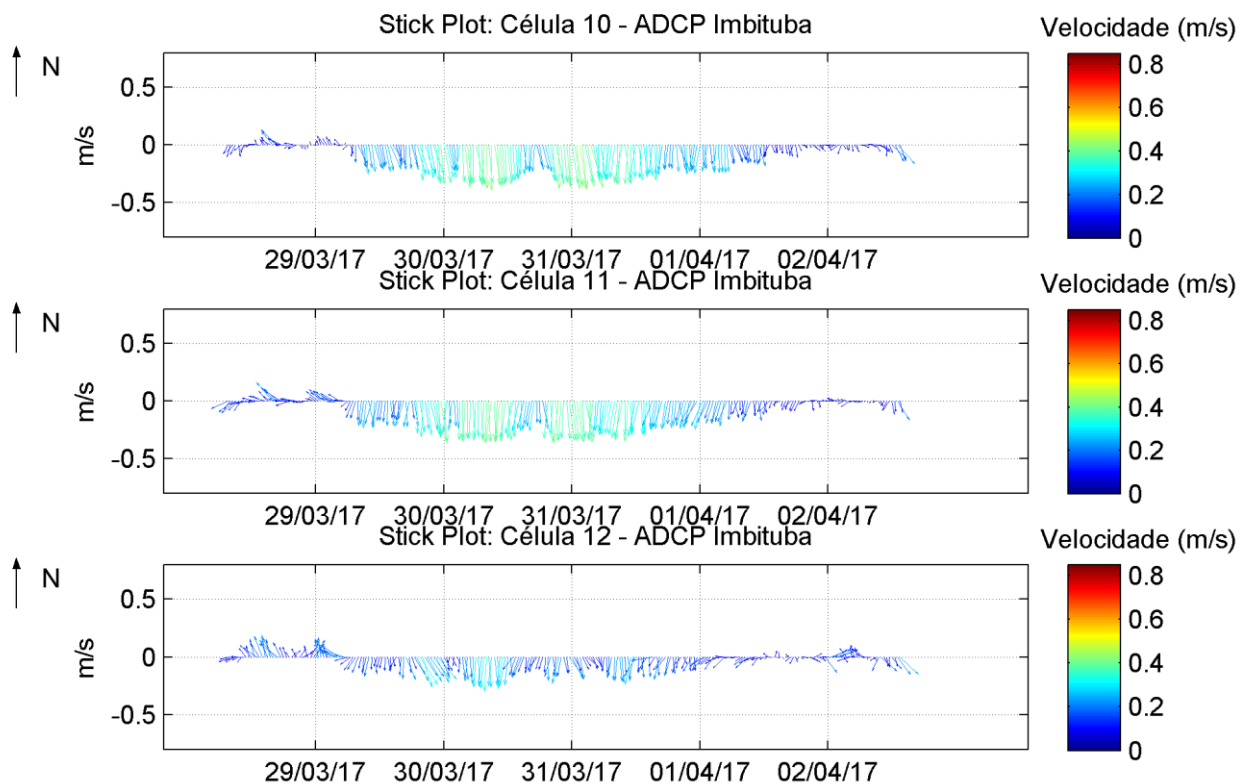


Figura 96. Diagrama *stick plot* de correntes para as células 10, 11 e 12 no período de 29/03/2017 a 02/04/2017.

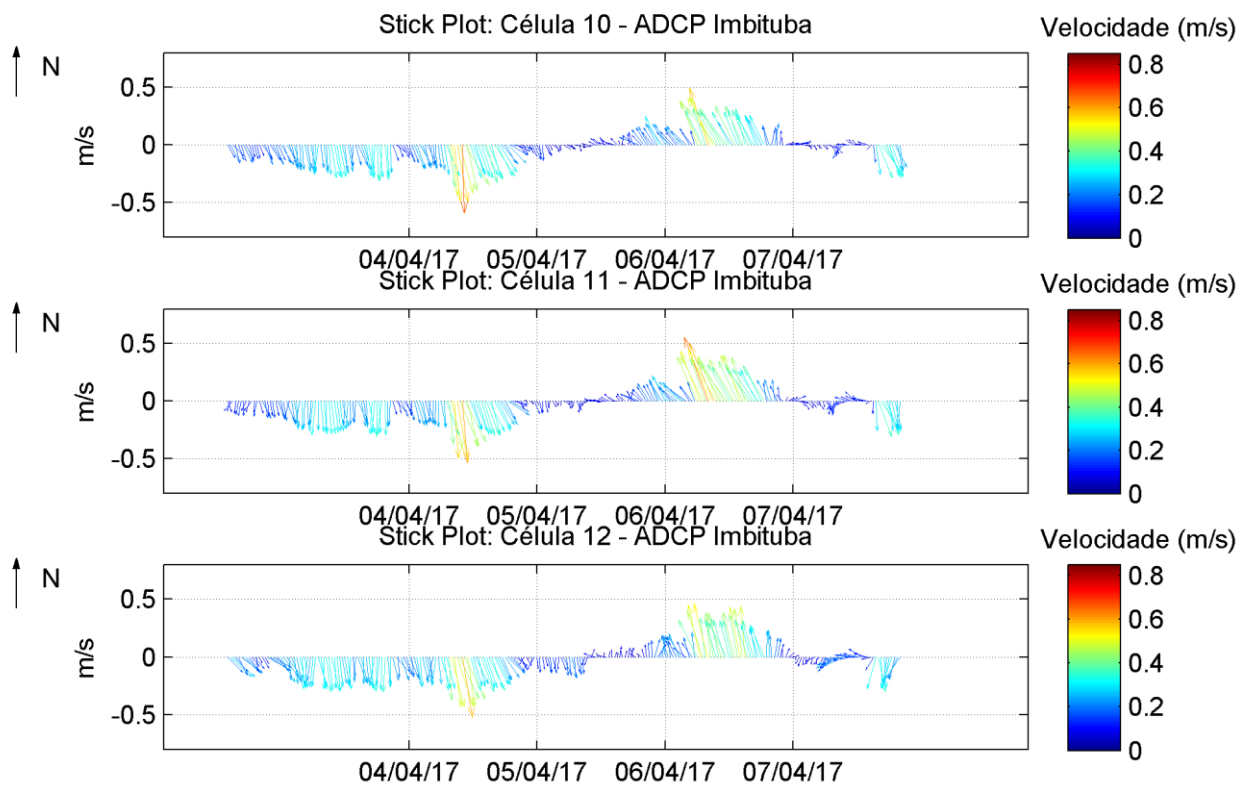


Figura 97. Diagrama *stick plot* de correntes para as células 10, 11 e 12 no período de 04/04/2017 a 07/04/2017.

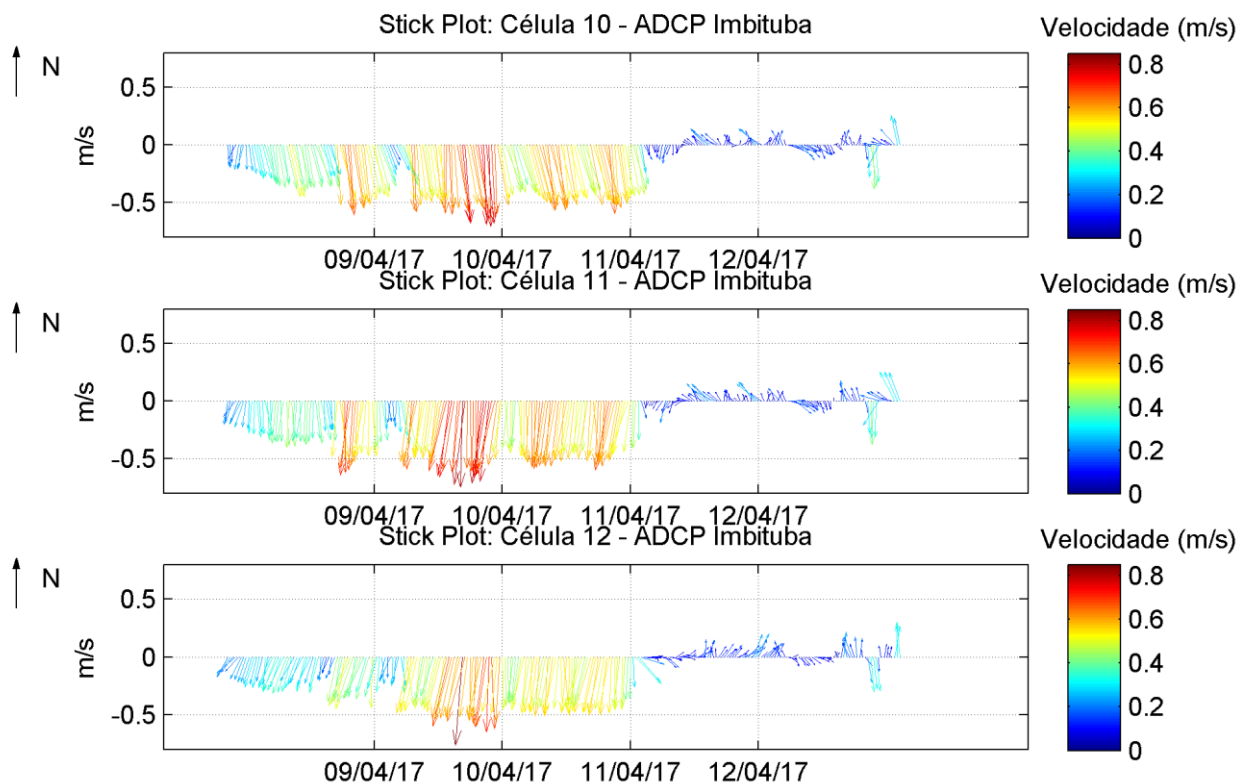


Figura 98. Diagrama *stick plot* de correntes para as células 10, 11 e 12 no período de 09/04/2017 a 12/04/2017.

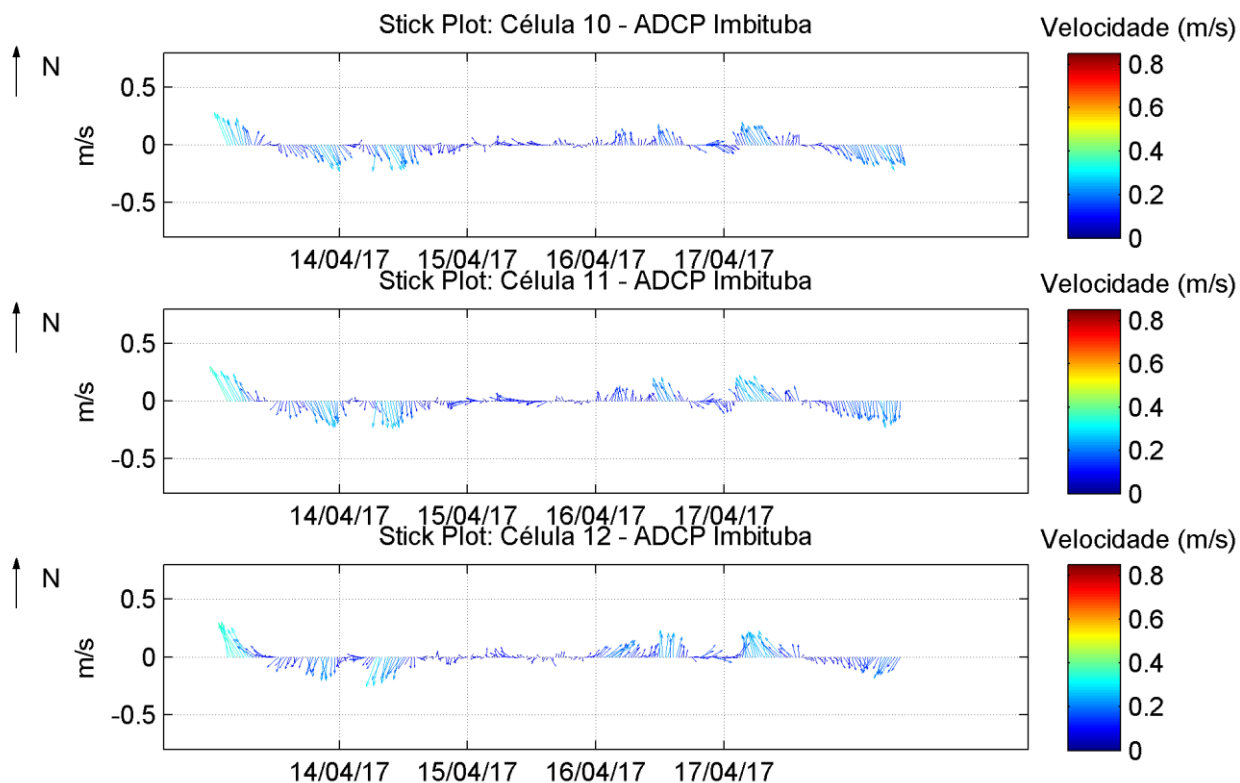


Figura 99. Diagrama *stick plot* de correntes para as células 10, 11 e 12 no período de 14/04/2017 a 17/04/2017.

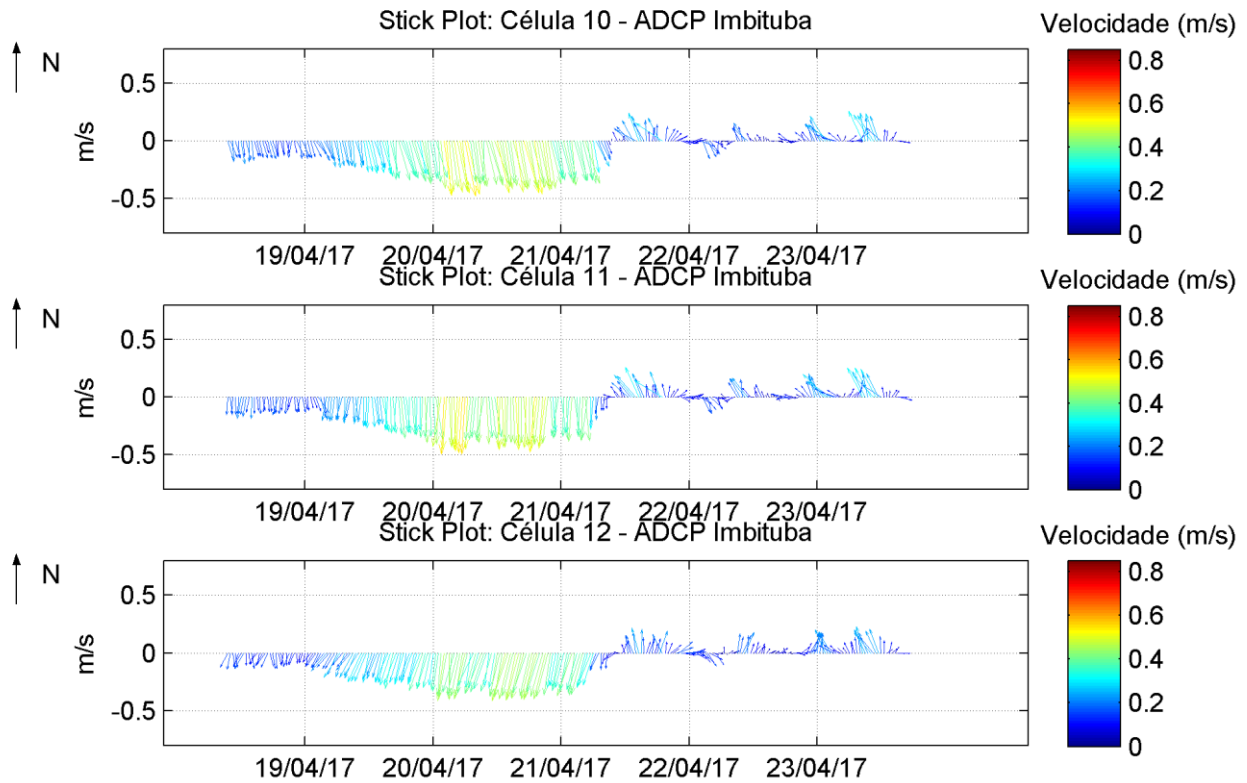


Figura 100. Diagrama *stick plot* de correntes para as células 10, 11 e 12 no período de 19/04/2017 a 23/04/2017.

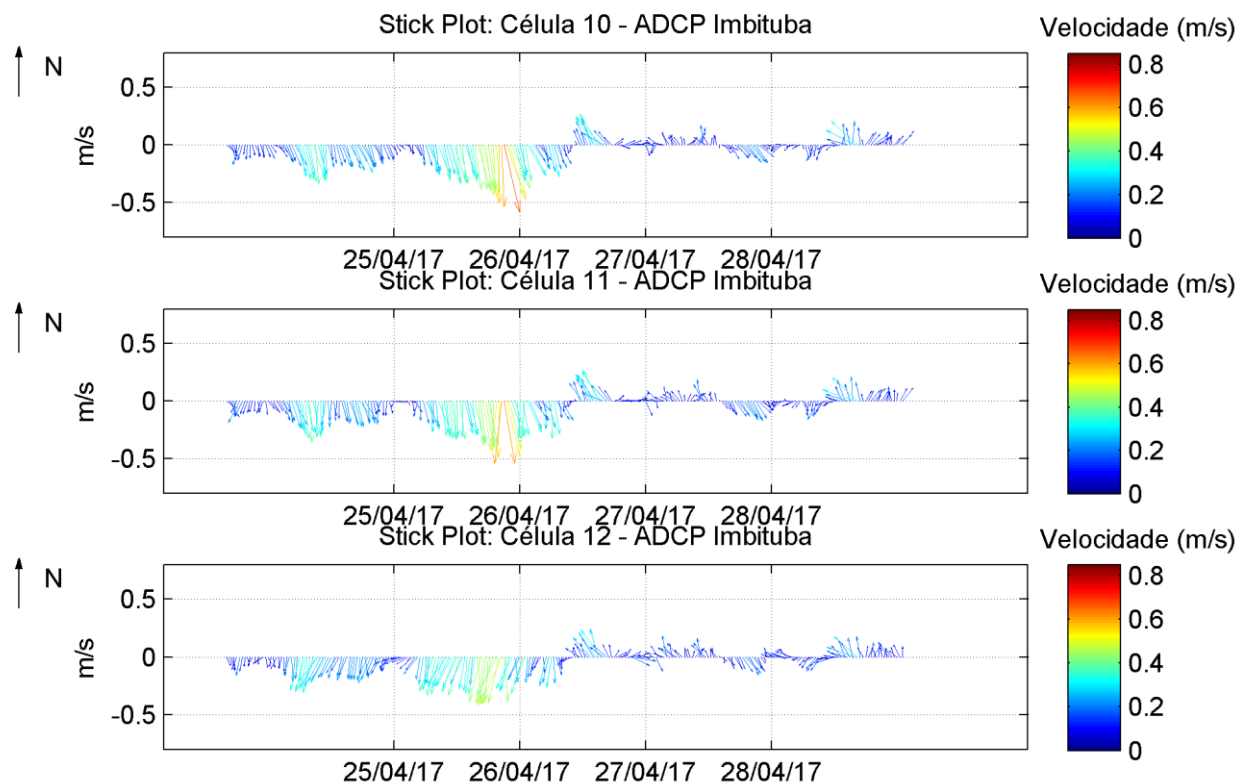
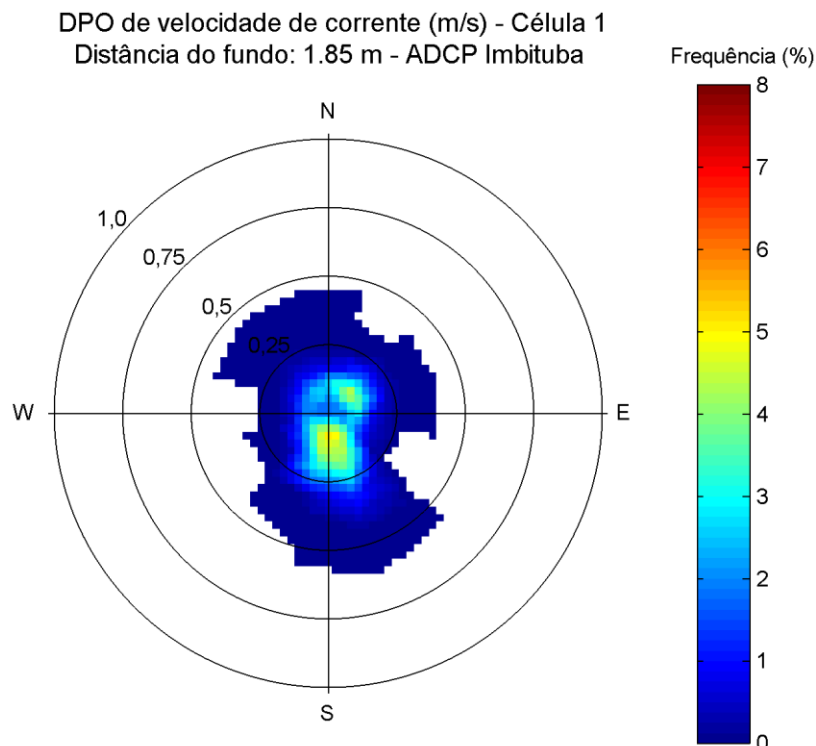


Figura 101. Diagrama *stick plot* de correntes para as células 10, 11 e 12 no período de 25/04/2017 a 28/04/2017.

O diagrama polar de ocorrência das correntes (Figura 102 a Figura 113) apresenta a distribuição de ocorrências dos dados coletados quanto a sua direção ( $^{\circ}$ ), representada em coordenadas náuticas e intensidade de correntes, representada radialmente em m/s.

Verifica-se nas células inferiores um fluxo de correntes predominantes na direção Sul, com um foco secundário de alta ocorrência de correntes no quadrante NE. Ao longo da coluna d'água, em direção à superfície, observa-se uma leve rotação desse eixo de correntes, com o foco de S deslocando-se para SSE e o foco de NE deslocando-se para N. Já para as células mais próximas à superfície (11 e 12), no entanto, o eixo principal do fluxo volta a apresentar uma direção N-S.

Quanto à velocidade, é possível observar que as correntes próximas à superfície tem intensidade aproximadamente 1/3 maior do que aquelas observadas próximo ao fundo, ainda que as correntes mais intensas sejam observadas na célula 11 e não na célula 12, que era a mais próxima da superfície. A variação dos valores ao longo das células verticais, por sua vez, sugere a relação das correntes medidas nessa estação amostral com o vento local, capaz de gerar correntes por efeito de tensão na superfície do mar.



**Figura 102. Diagrama Polar de Ocorrência das correntes medidas na célula 1.**

DPO de velocidade de corrente (m/s) - Célula 2  
Distância do fundo: 2.85 m - ADCP Imbituba

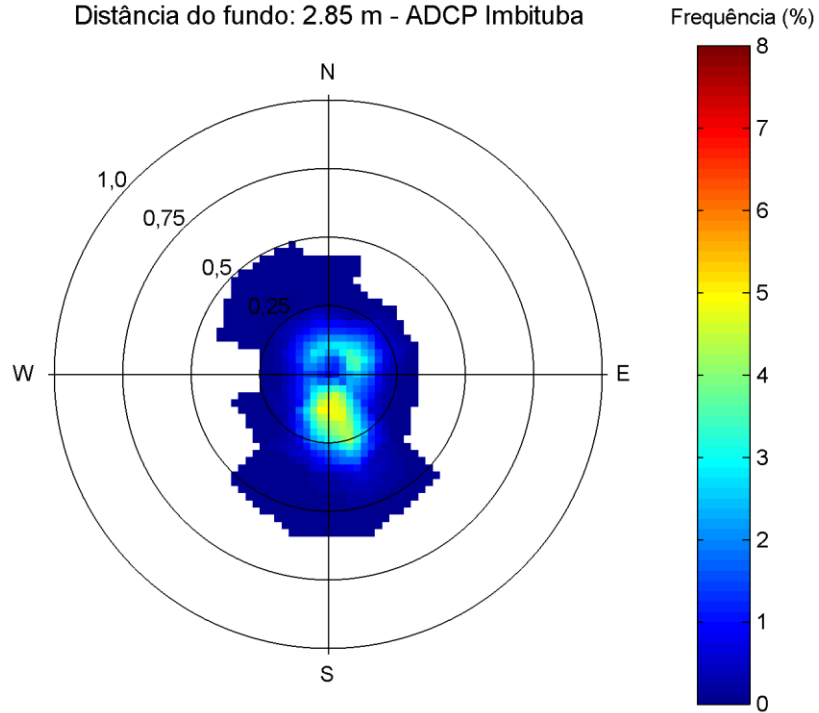


Figura 103. Diagrama Polar de Ocorrência das correntes medidas na célula 2.

DPO de velocidade de corrente (m/s) - Célula 3  
Distância do fundo: 3.85 m - ADCP Imbituba

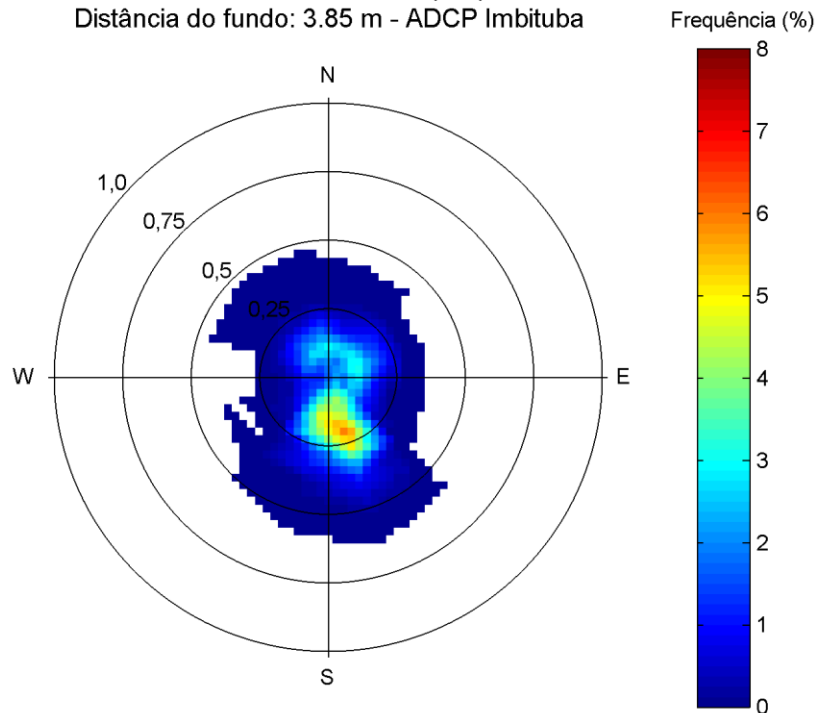


Figura 104. Diagrama Polar de Ocorrência das correntes medidas na célula 3.



DPO de velocidade de corrente (m/s) - Célula 4  
Distância do fundo: 4.85 m - ADCP Imbituba

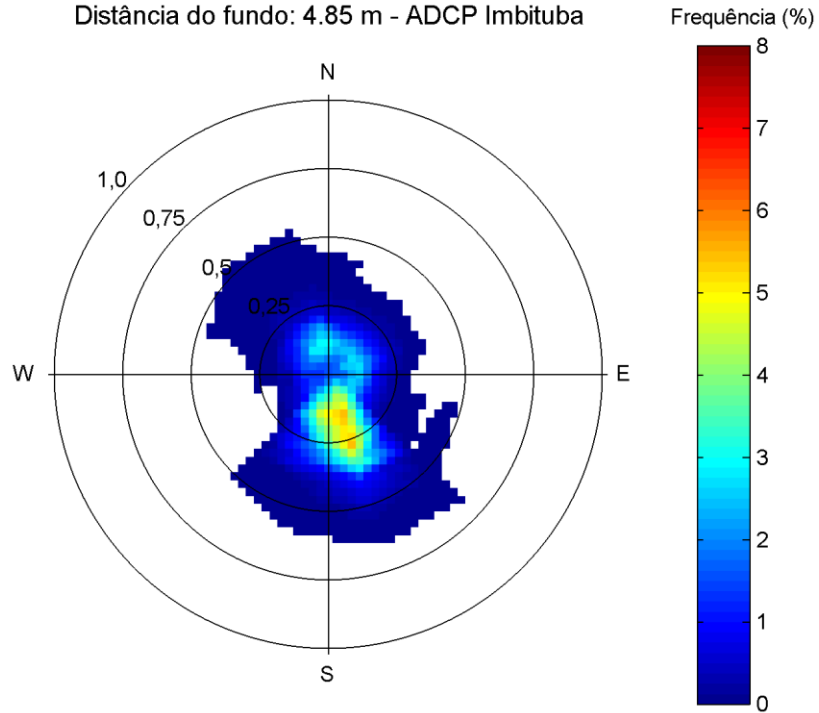


Figura 105. Diagrama Polar de Ocorrência das correntes medidas na célula 4.

DPO de velocidade de corrente (m/s) - Célula 5  
Distância do fundo: 5.85 m - ADCP Imbituba

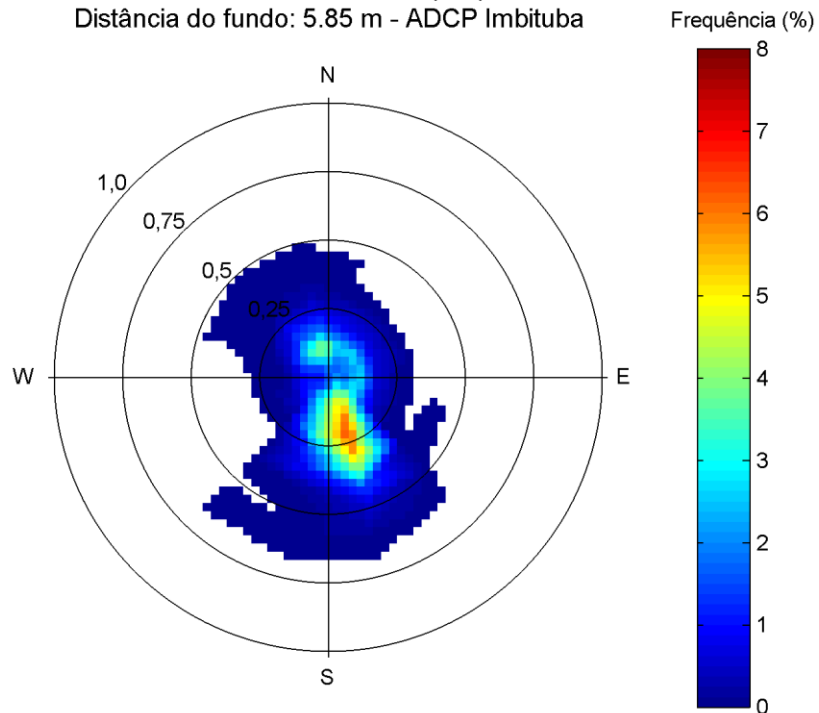


Figura 106. Diagrama Polar de Ocorrência das correntes medidas na célula 5.

DPO de velocidade de corrente (m/s) - Célula 6  
Distância do fundo: 6.85 m - ADCP Imbituba

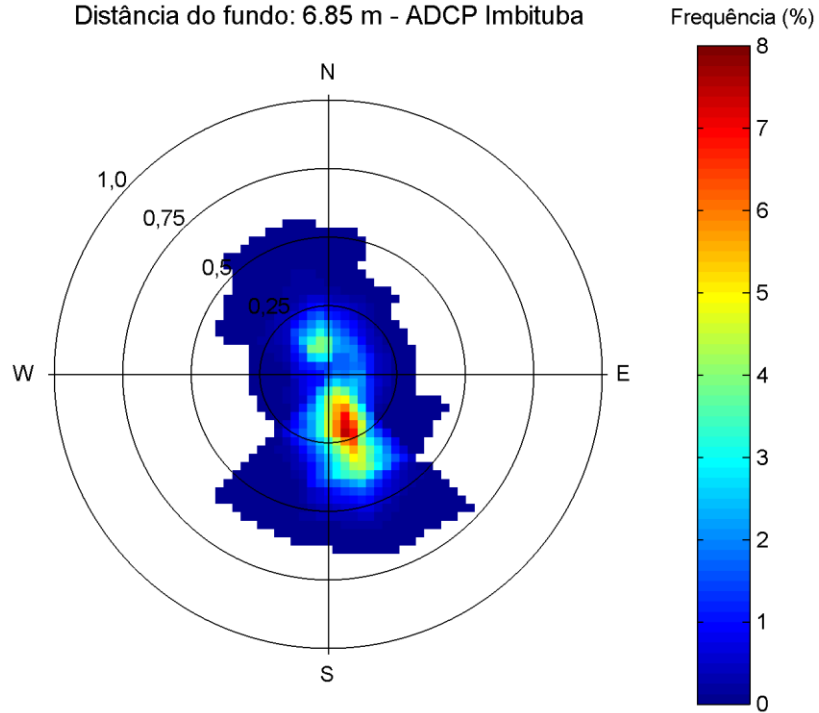


Figura 107. Diagrama Polar de Ocorrência das correntes medidas na célula 6.

DPO de velocidade de corrente (m/s) - Célula 7  
Distância do fundo: 7.85 m - ADCP Imbituba

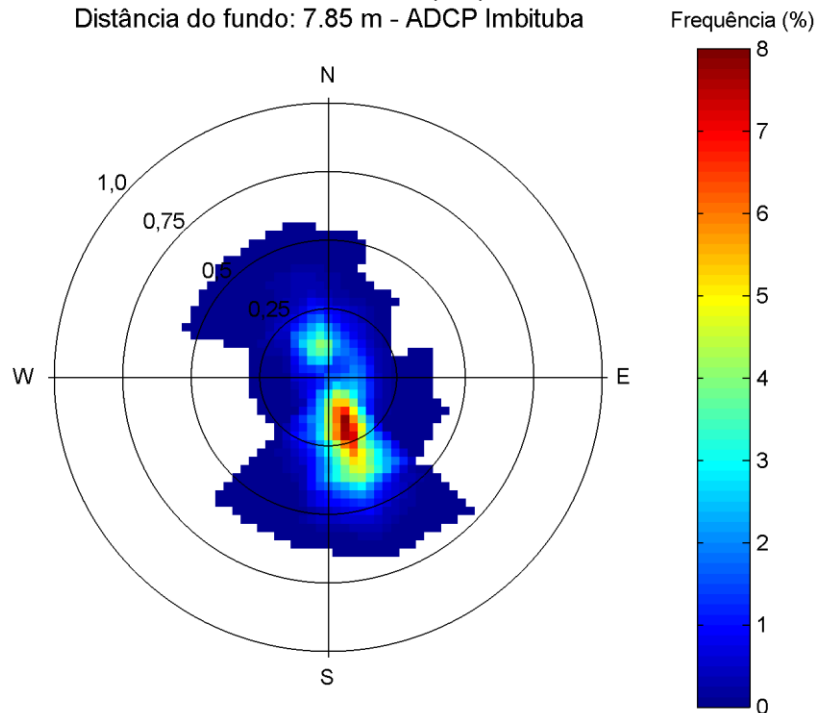


Figura 108. Diagrama Polar de Ocorrência das correntes medidas na célula 7.

DPO de velocidade de corrente (m/s) - Célula 8  
Distância do fundo: 8.85 m - ADCP Imbituba

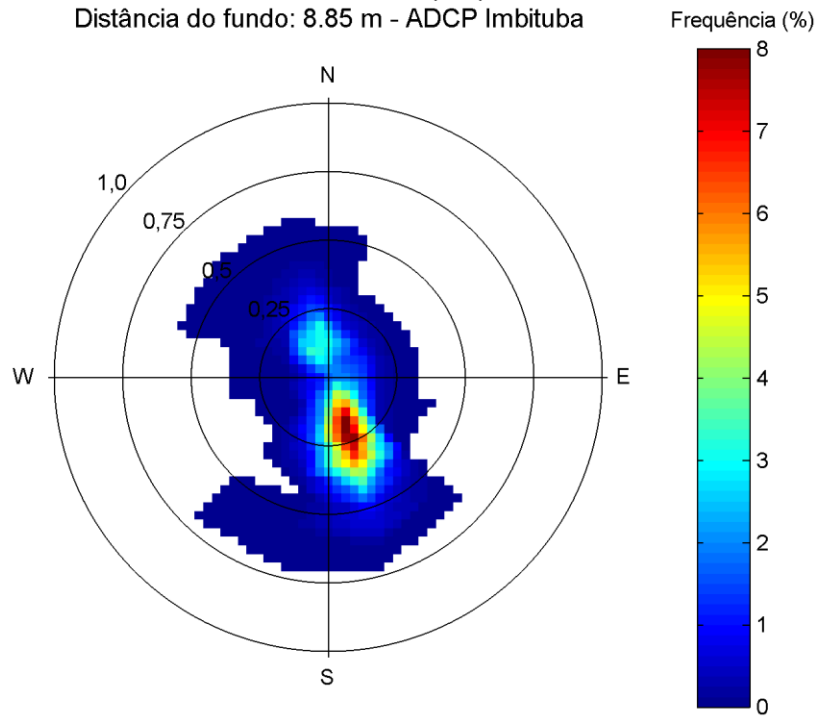


Figura 109. Diagrama Polar de Ocorrência das correntes medidas na célula 8.

DPO de velocidade de corrente (m/s) - Célula 9  
Distância do fundo: 9.85 m - ADCP Imbituba

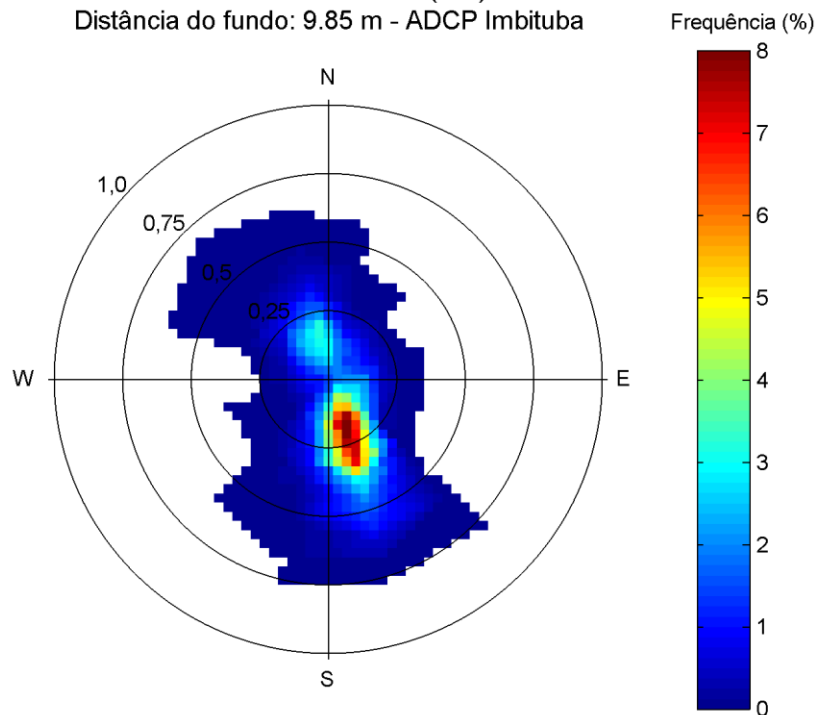


Figura 110. Diagrama Polar de Ocorrência das correntes medidas na célula 9.

DPO de velocidade de corrente (m/s) - Célula 10  
Distância do fundo: 10.85 m - ADCP Imbituba

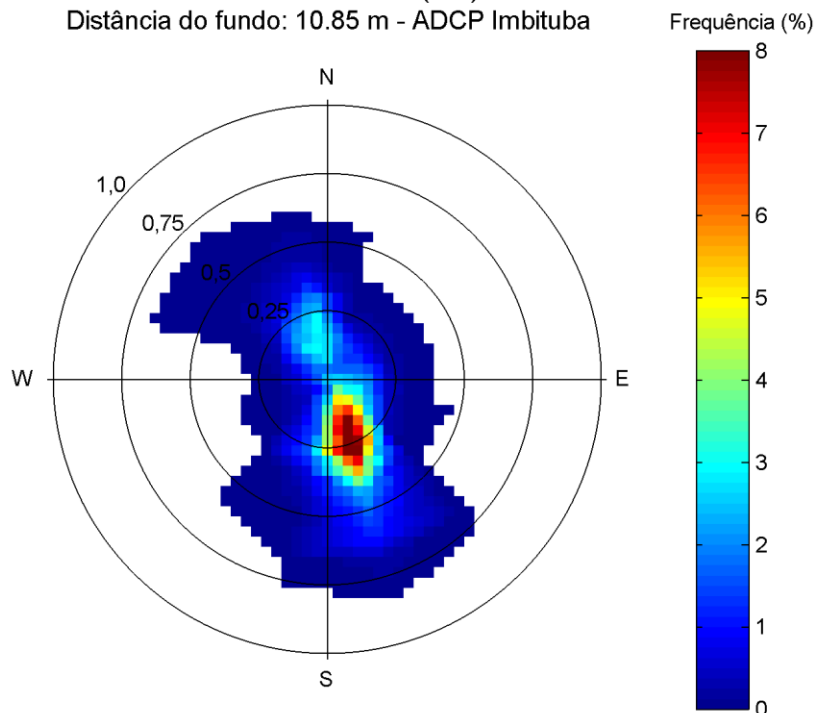


Figura 111. Diagrama Polar de Ocorrência das correntes medidas na célula 10.

DPO de velocidade de corrente (m/s) - Célula 11  
Distância do fundo: 11.85 m - ADCP Imbituba

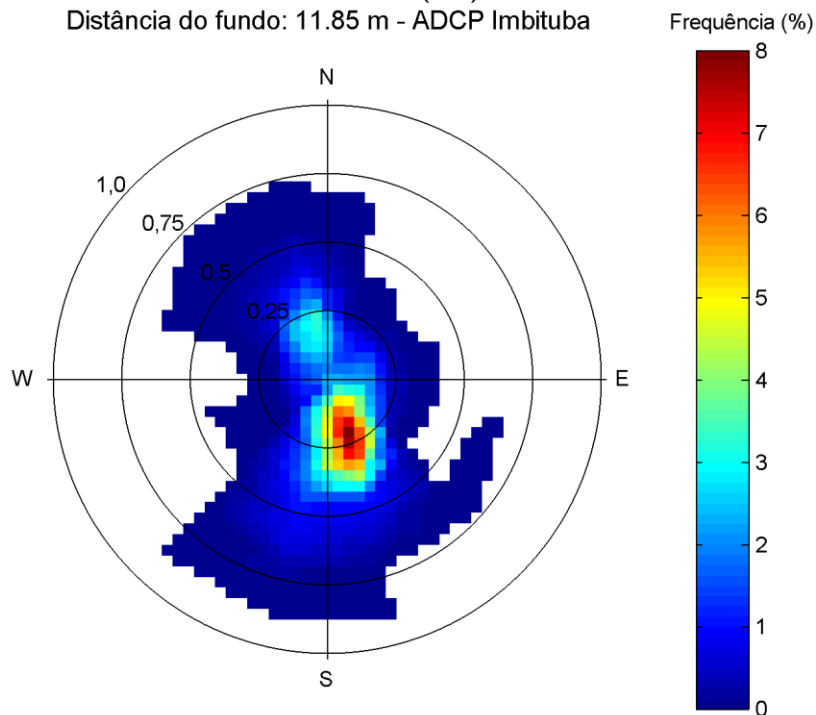
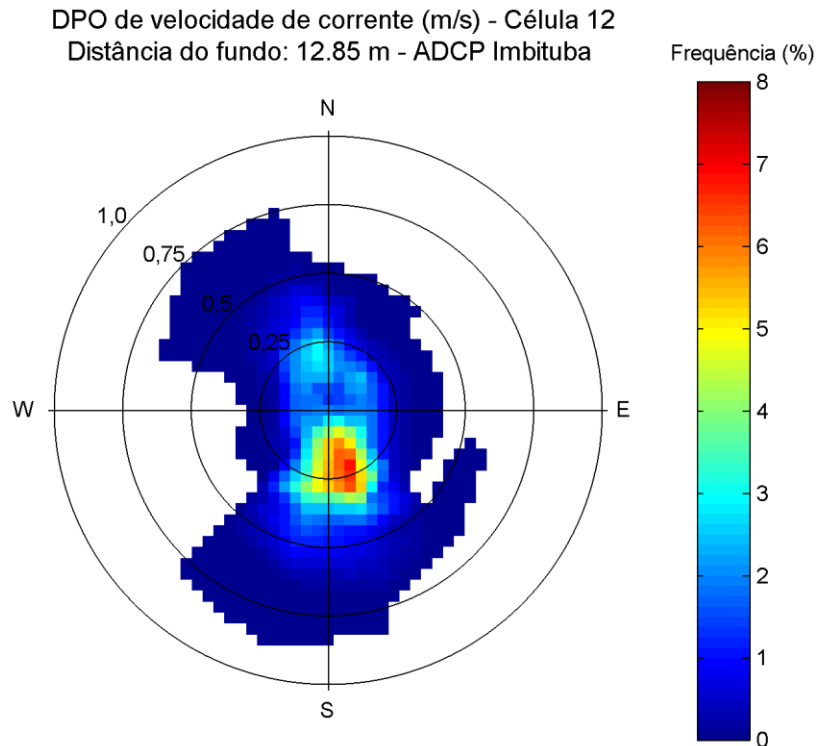


Figura 112. Diagrama Polar de Ocorrência das correntes medidas na célula 11.



**Figura 113. Diagrama Polar de Ocorrência das correntes medidas na célula 12.**

Os perfis verticais (Figura 114 e Figura 115) evidenciam o padrão das correntes ao longo da coluna d'água durante o período de medição.

Em relação ao sentido Leste-Oeste (componente  $u$ ), o fluxo foi majoritariamente na direção Leste, com as maiores velocidades sendo observadas nas células posicionadas 3 metros abaixo da superfície. As duas células superiores apresentaram comportamento ligeiramente distinto, indicando uma deriva residual para Oeste neste extrato da coluna d'água.

Verifica-se ainda que as correntes no sentido Norte-Sul (componente  $v$ ) tiveram uma tendência bastante evidente de deriva resultante para Sul, direção em que ocorreram ainda as correntes mais intensas. Observou-se para essa componente clara variação ao longo da profundidade, com uma intensificação das correntes mais frequentes para Sul nas células posicionadas na porção central da coluna d'água, ainda que as maiores intensidades tenham sempre sido observadas nas células superiores. Esse resultado reforça a hipótese de que uma parte considerável dessas correntes tem sua origem no vento que sopra paralelo à costa, que atua com maior intensidade nas camadas superiores da coluna d'água.

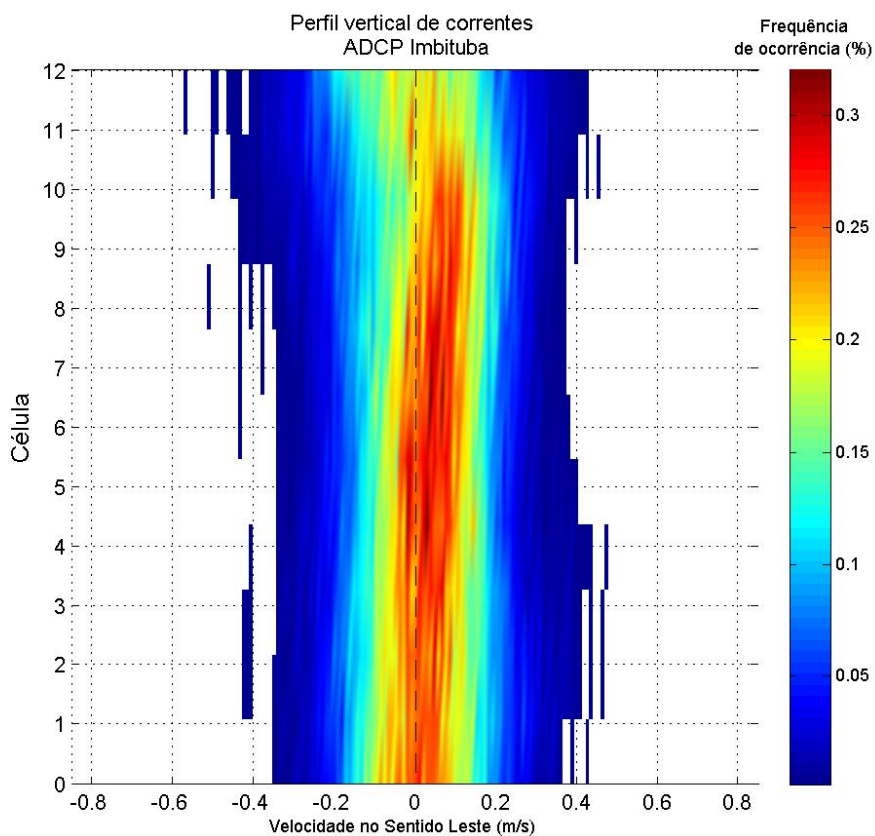


Figura 114: Perfil vertical de correntes na componente u.

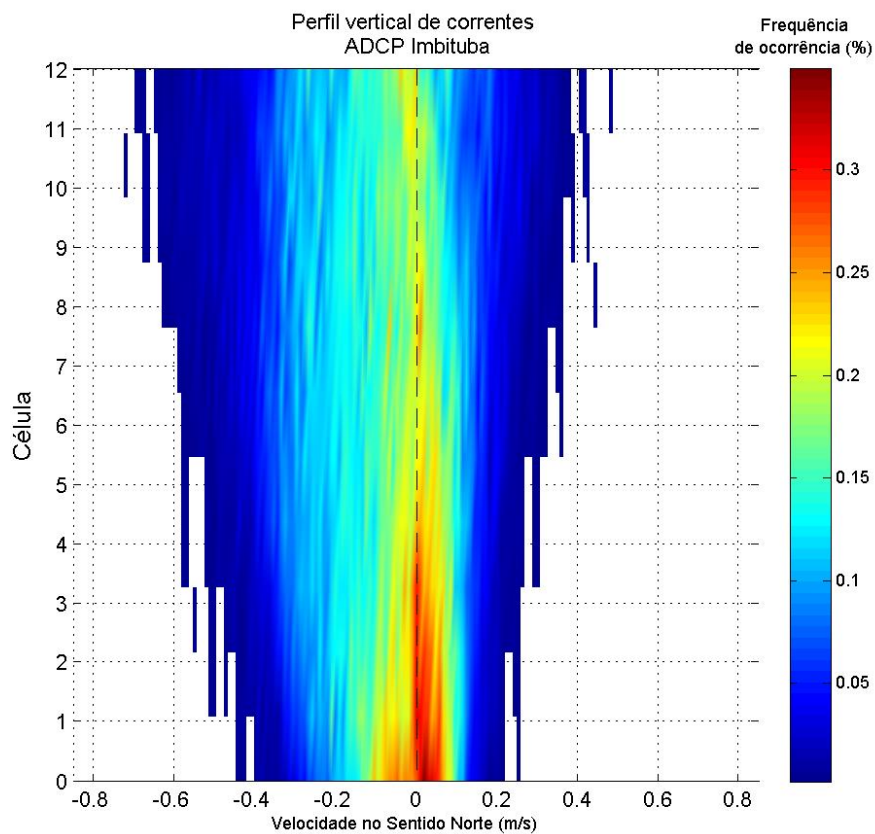


Figura 115: Perfil vertical de correntes na componente v.

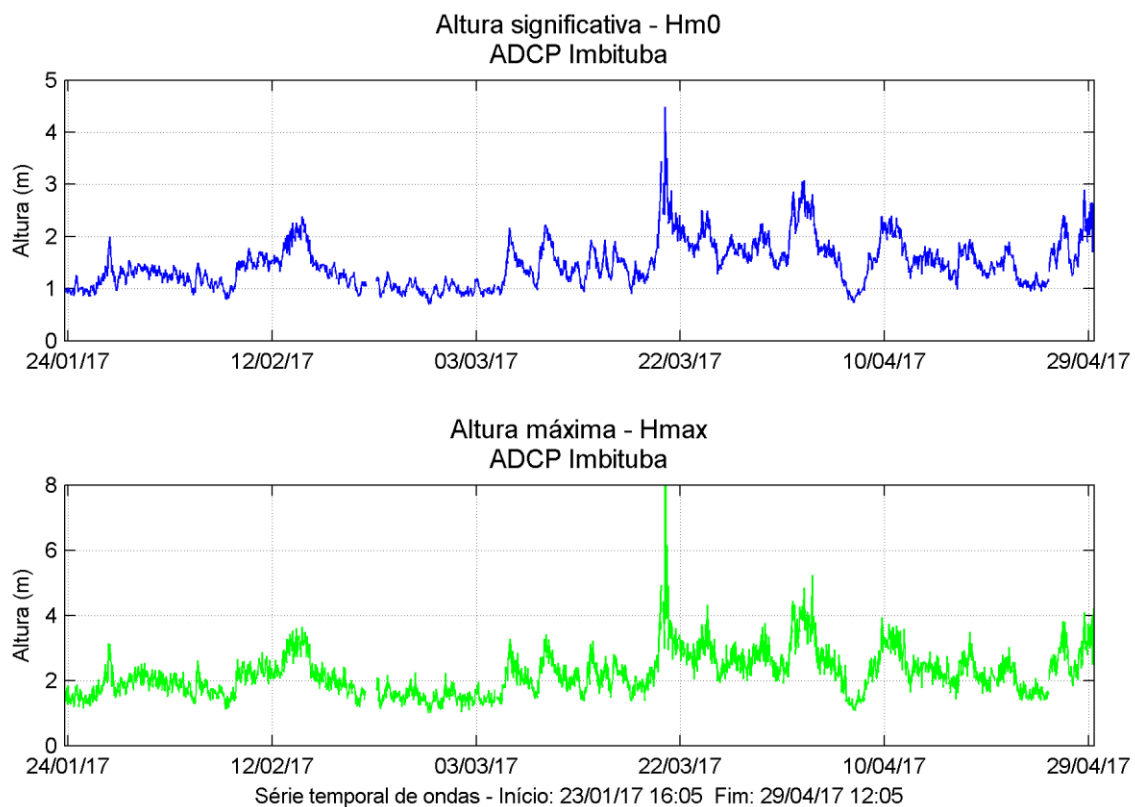


### 2.1.3 Medições de Ondas

Nas figuras abaixo são apresentados os resultados para parâmetros de onda: altura significativa e altura máxima (Figura 116); período de pico e período médio (Figura 117); direção média, direção de pico e espalhamento direcional (

Figura 118); distribuição de ocorrências de direção média e altura de ondas (Figura 119); diagrama de altura significativa e direção de pico (Figura 120); diagramas de período de pico e direção de pico (Figura 121). A Figura 122, por sua vez, apresenta as séries temporais dos espectros de energia de ondas.

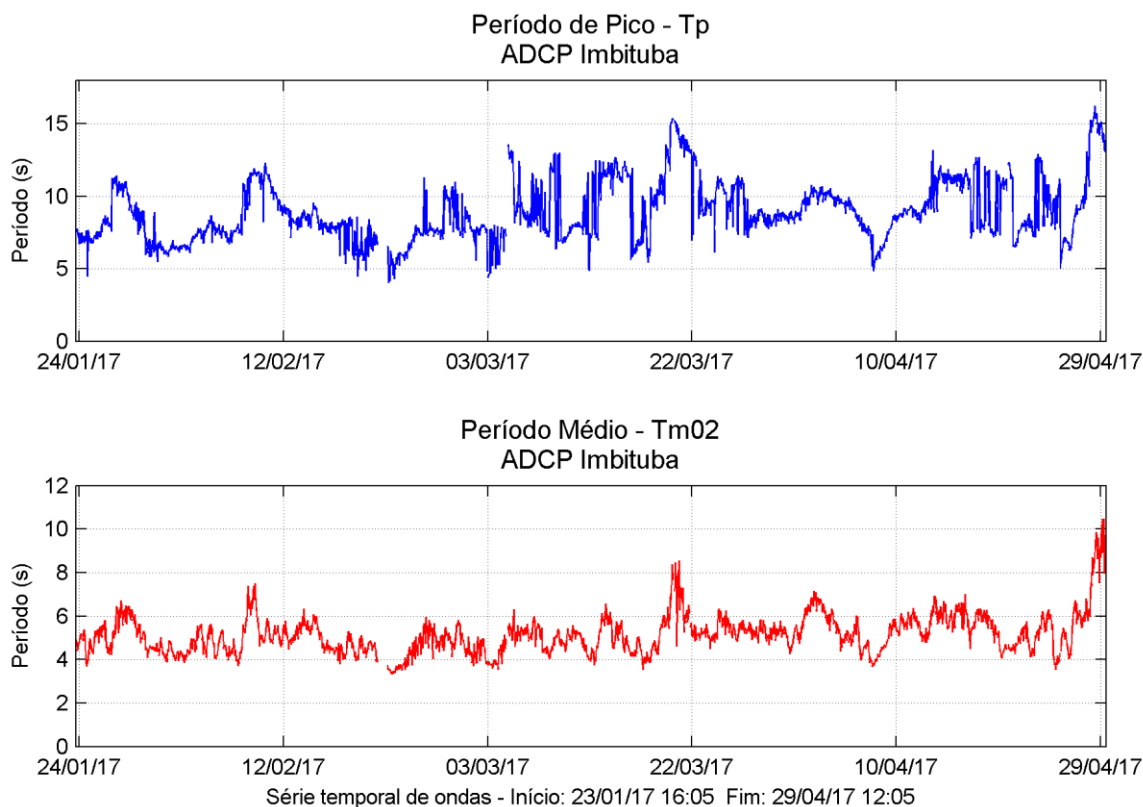
Na análise dos dados de altura significativa verifica-se uma predominância de ondas de altura entre 1 e 2,5 metros. A maior altura significativa registrada atingiu valor maior que 4 m.



**Figura 116. Séries temporais de altura significativa e altura máxima de onda.**

As ondas com período de pico entre 6 e 10 s foram as mais frequentes para o período analisado, indicando que sua origem estava associada a vento local, ou bastante próximo à costa. Em diversos momentos, no entanto, especialmente na segunda metade da série temporal, os períodos se apresentaram acima de 12 s, indicando a entrada de *swell*, ondas geradas mais distantes do ponto de medição. Eventualmente ondas com período acima de 15

s foram também observadas no último evento de entrada de ondulação, registrado a partir de 27/04/2017. O período médio atingiu um valor máximo de 10,47 s.



**Figura 117. Séries temporais de período associado ao pico e período médio.**

Através dos gráficos de Direção média, Direção de pico, Espalhamento direcional (

Figura 118) e Distribuição Direcional de Ondas (Figura 119), observa-se que as ondas incidentes nesta estação amostral durante o período de medição foram provenientes, principalmente, das direções L e ENE. A maior parte das ondas mais energéticas se aproximaram da direção E ou ESE.

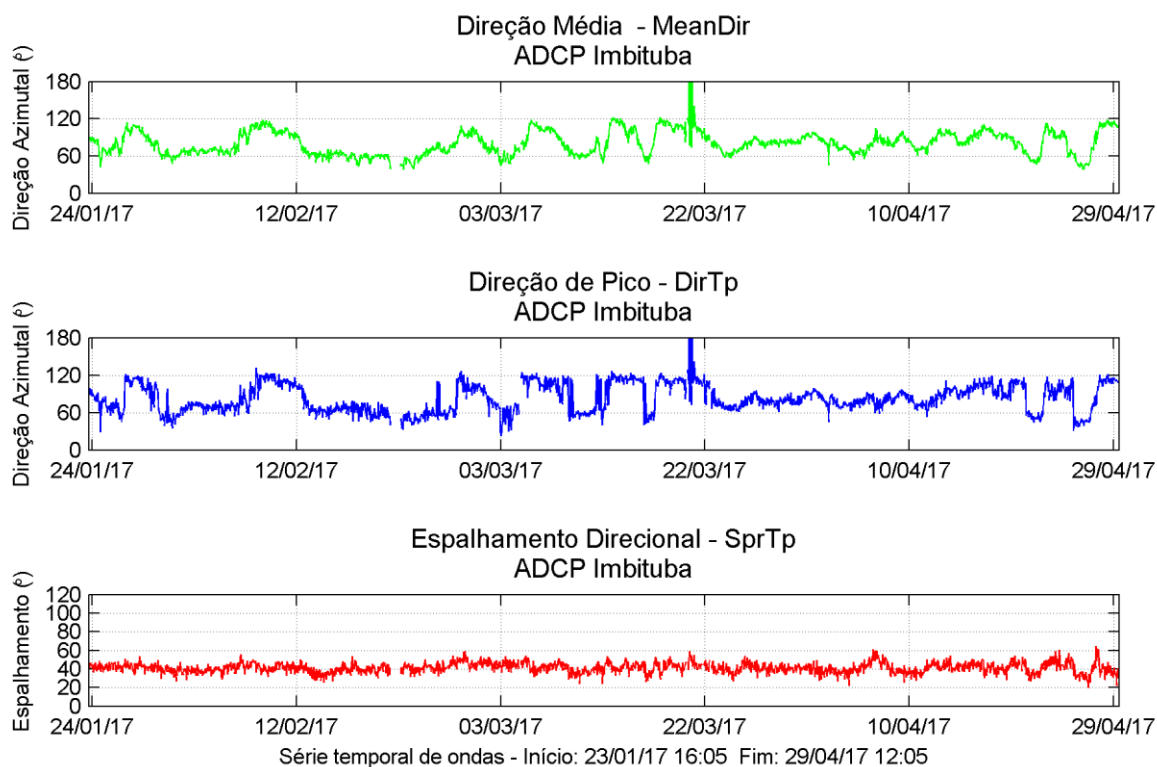
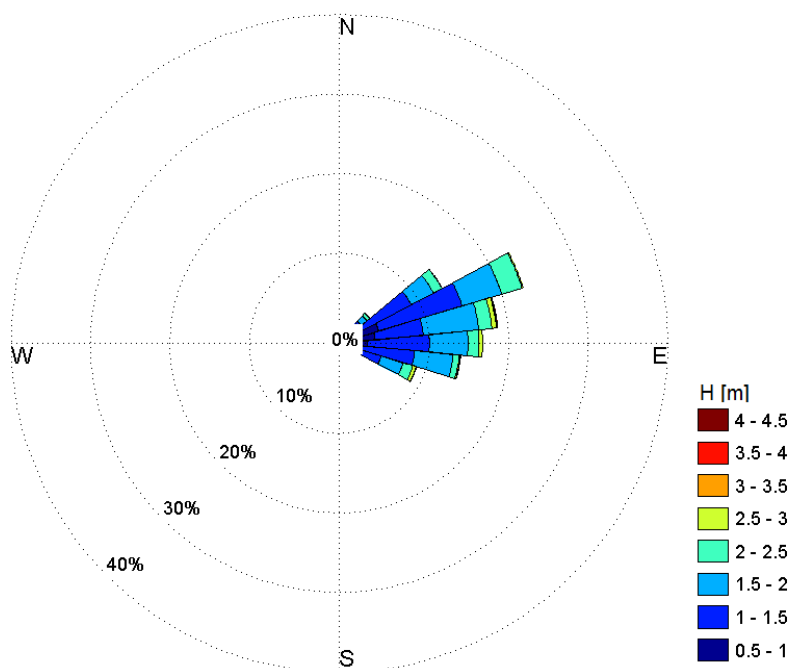


Figura 118. Séries temporais de direção média, direção associada ao pico do espectro e espalhamento direcional de onda.



**Figura 119. Distribuição de ocorrências de direção média e altura de ondas.**

A distribuição de direções de pico em relação às alturas significativas é apresentada na Figura 120, enquanto uma distribuição dessas direções por períodos de pico é apresentada na Figura 121. É possível observar que as maiores ondas ( $H_{m0} < 3$  m) ocorreram na faixa entre  $60^\circ$  e  $90^\circ$ , sendo que a maior parte das ocorrências foi de ondas da direção E, com alturas entre 2 e 2,5 m.

Em relação ao período, verificam-se duas regiões onde as se concentram a maior parte das ocorrências: entre  $60^\circ$  e  $100^\circ$ , onde o período de pico é próximo de 8 s; entre  $100$  e  $130^\circ$ , onde o período de pico fica próximo de 12 s. Esse comportamento indica que existem pelo menos 2 zonas de geração principais distintas para as ondas incidentes nesta estação amostral. Adicionalmente, verifica-se ainda a presença de ondas com períodos inferiores a 8s provenientes da direção NE e ondas com períodos superiores a 14s com direções entre  $120^\circ$  e  $140^\circ$ .

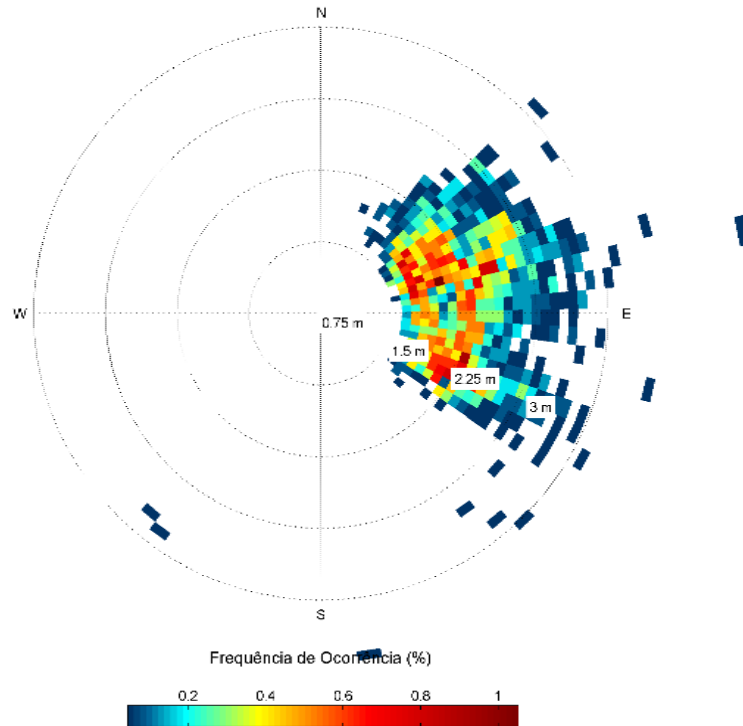
Diagrama Polar de  $H_{m0}$  X  $DirTp$  - ADCP Imbituba

Figura 120. Diagrama de altura significativa e direção de pico

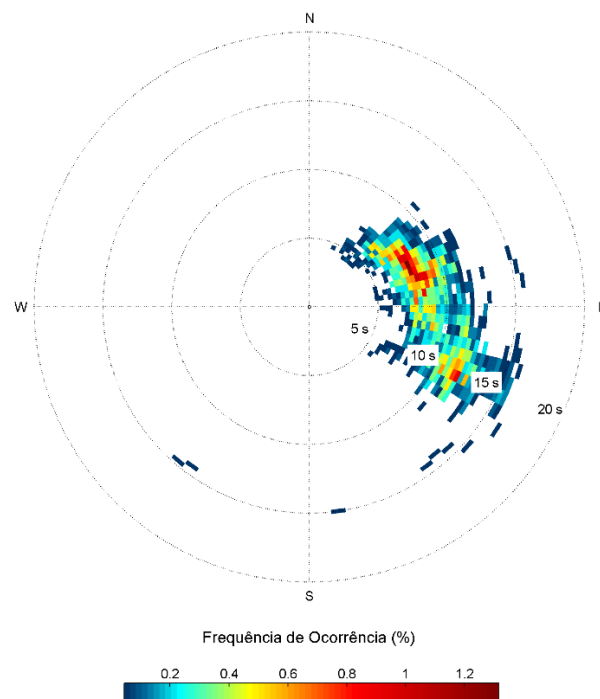
Diagrama Polar de  $Tp$  X  $DirTp$  - ADCP Imbituba

Figura 121. Diagrama de período de pico e direção de pico.

Os espectros de onda são apresentados na Figura 122, sendo os três painéis superiores representativos da média dos estados de mar observados durante o período de medição e os dois painéis inferiores séries temporais de energia por classes de período e direção, respectivamente.

O espectro direcional completo apresenta duas regiões principais de concentração de energia, sendo a maior delas relativa a ondas de período de aproximadamente 8,5 s e direção de 105° e a outra, relativa a ondas de período de aproximadamente 13 s e direção de 130°.

Verifica-se nas séries temporais a presença de mares multi-modais em boa parte do tempo, com estados de mar compostos por duas ou mais zonas de geração diferentes. É possível observar que as ondas de períodos maiores do que 10 s, com característica de marulhos (swell), estiveram associadas a direções mais próximas do Sudeste enquanto as ondas com característica de vagas (wind-sea) foram majoritariamente provenientes da direção Nordeste e Leste.

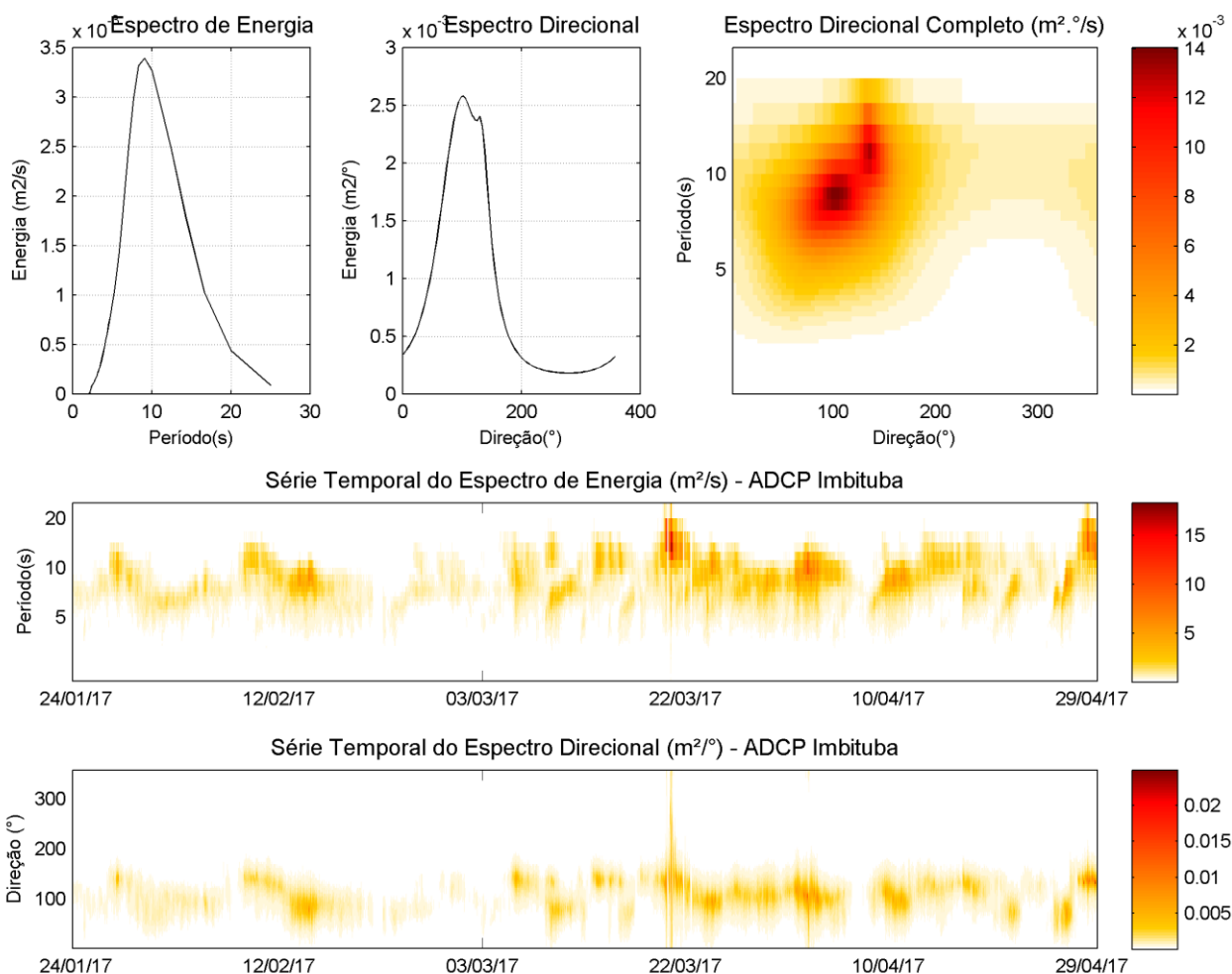


Figura 122. Séries temporais dos espectros de energia de ondas em classes de período e de direção.



## 2.2 MEDIÇÃO DE SEÇÕES VERTICAIS DE CORRENTE – *BOTTOM TRACKING*

Nesta seção são apresentados os resultados obtidos durante a medição de perfis de corrente ao longo de seções transversais, mostrados em planta e em perfil.

As medições foram realizadas em duas oportunidades: uma durante a maré de quadratura, em 21/03/2017; a segunda em maré de sizígia, em 27/03/2017. A Tabela 1 apresenta os horários de início e final de cada transecto medido, assim como a fase em que se encontrava a maré.

**Tabela 1. Horários e fases da maré durante as medições de perfis de correntes. Horários em UTC.**

	Início	Final	Fase da Maré
<b>Quadratura Transecto 1</b>	21/03/2017 17:41	21/03/2017 18:04	Estofo de Baixamar
<b>Quadratura Transecto 2</b>	21/03/2017 18:11	21/03/2017 18:35	Estofo de Baixamar
<b>Quadratura Transecto 3</b>	21/03/2017 18:40	21/03/2017 19:04	Enchente
<b>Sizígia Transecto 1</b>	27/03/2017 12:11	27/03/2017 12:32	Estofo de Baixamar
<b>Sizígia Transecto 2</b>	27/03/2017 12:37	27/03/2017 13:01	Enchente
<b>Sizígia Transecto 3</b>	27/03/2017 13:31	27/03/2017 13:55	Enchente

Na Figura 124 e na Figura 123 o traço vermelho corresponde à trajetória feita pela embarcação, enquanto os vetores em azul representam os valores médios de velocidade das correntes ao longo da coluna d'água, vistos em planta.

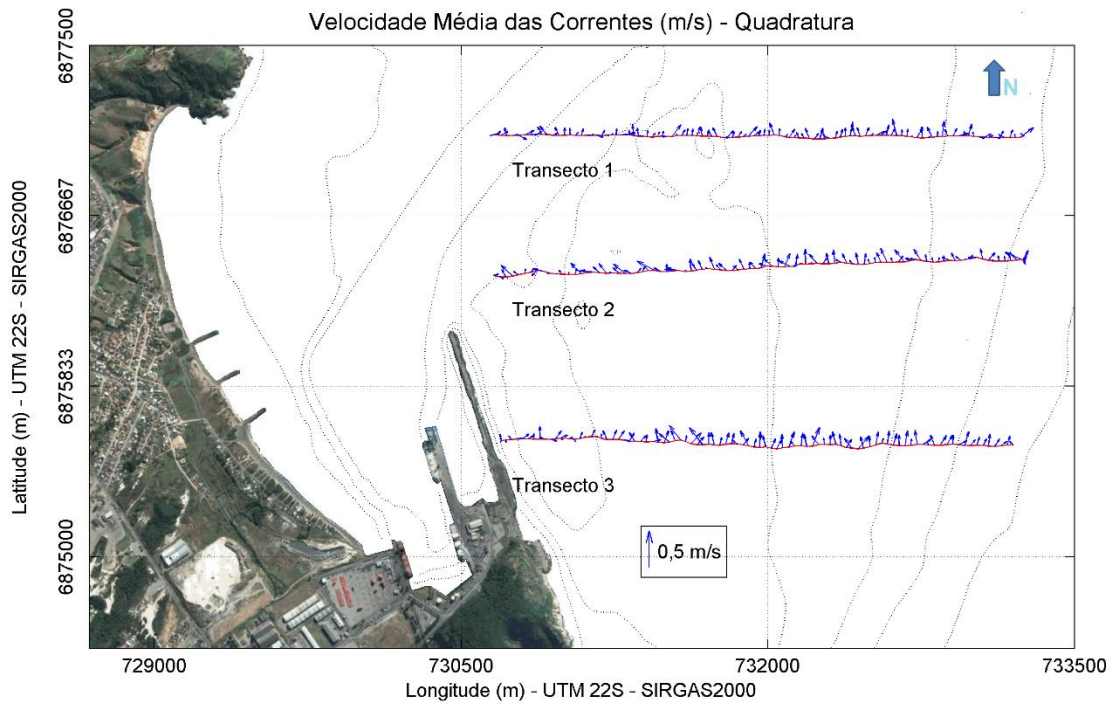


Figura 123. Velocidade e direção de corrente para os transectos medido em maré de quadratura, vistos em planta.

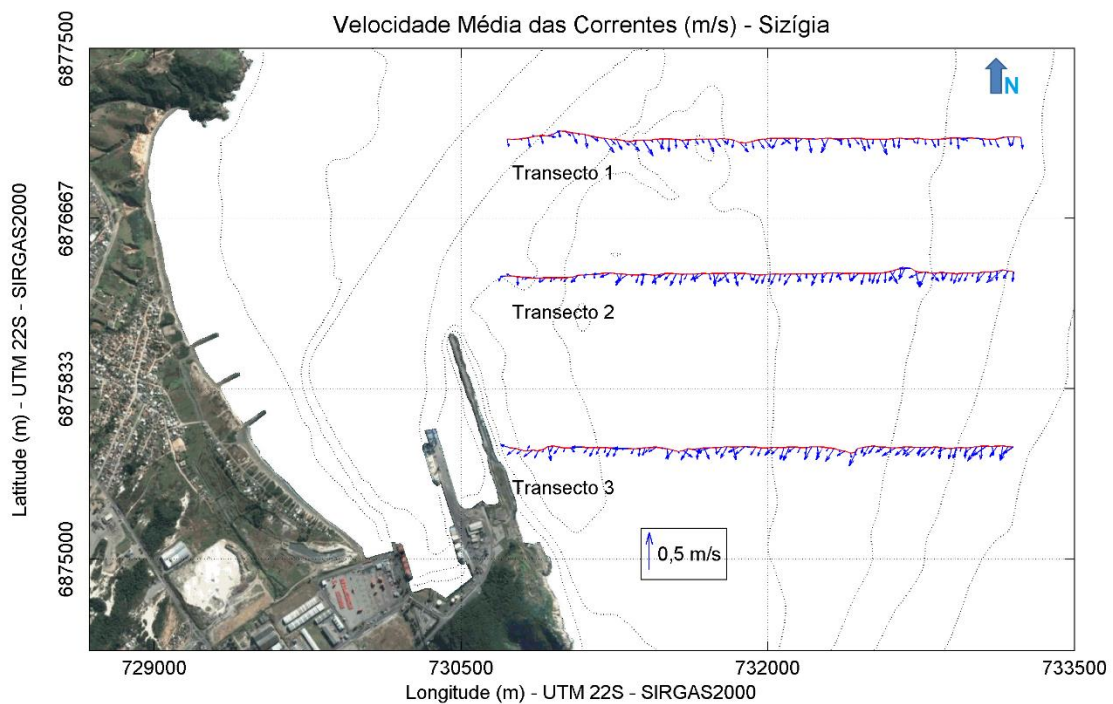


Figura 124. Velocidade e direção de corrente para os transectos medidos em maré de sizígia, vistos em planta.

Os perfis de correntes medidos em campo são apresentados da Figura 125 até a Figura 130. Para cada transecto realizado os resultados são ilustrados através de uma escala de cores ao longo da profundidade e da distância percorrida. Os dois gráficos superiores representam o perfil de velocidade e direções de correntes, enquanto os dois inferiores representam as componentes vetoriais da corrente no sentido Leste e Norte, respectivamente.

Durante as medições de perfil de correntes as velocidades registradas ficaram sempre abaixo de 0,5 m/s (0,97 nós), sendo que velocidades próximas deste valor foram atingidas apenas na camada mais superior da coluna d'água onde sempre foram observadas as maiores velocidades, em todas as medições realizadas.

No período caracterizado pela maré de quadratura o sentido do fluxo foi de Sul para Norte, sendo essa a direção observada na porção superior da coluna d'água e também a direção média, uma vez que nos extratos inferiores as correntes foram muito menos intensas. Para o sentido Leste-Oeste foi observada uma ligeira corrente para Oeste nos dois primeiros transectos, realizados em momento de estofa. No terceiro transecto, realizado já durante maré de enchente, o fluxo nessa direção foi praticamente nulo.

Nas medições obtidas durante maré de sizígia o fluxo foi no sentido contrário, de Norte para Sul, no entanto nessa condição essa direção predominante foi observada especialmente no meio e na porção inferior da coluna d'água, já que nos extratos superiores as correntes foram muito menos intensas. Para o sentido Leste-Oeste o fluxo foi praticamente nulo nos dois primeiros transectos, realizados próximo do momento de estofa de maré. No terceiro transecto, realizado já durante maré de enchente, verificou-se um ligeiro fluxo para Oeste.

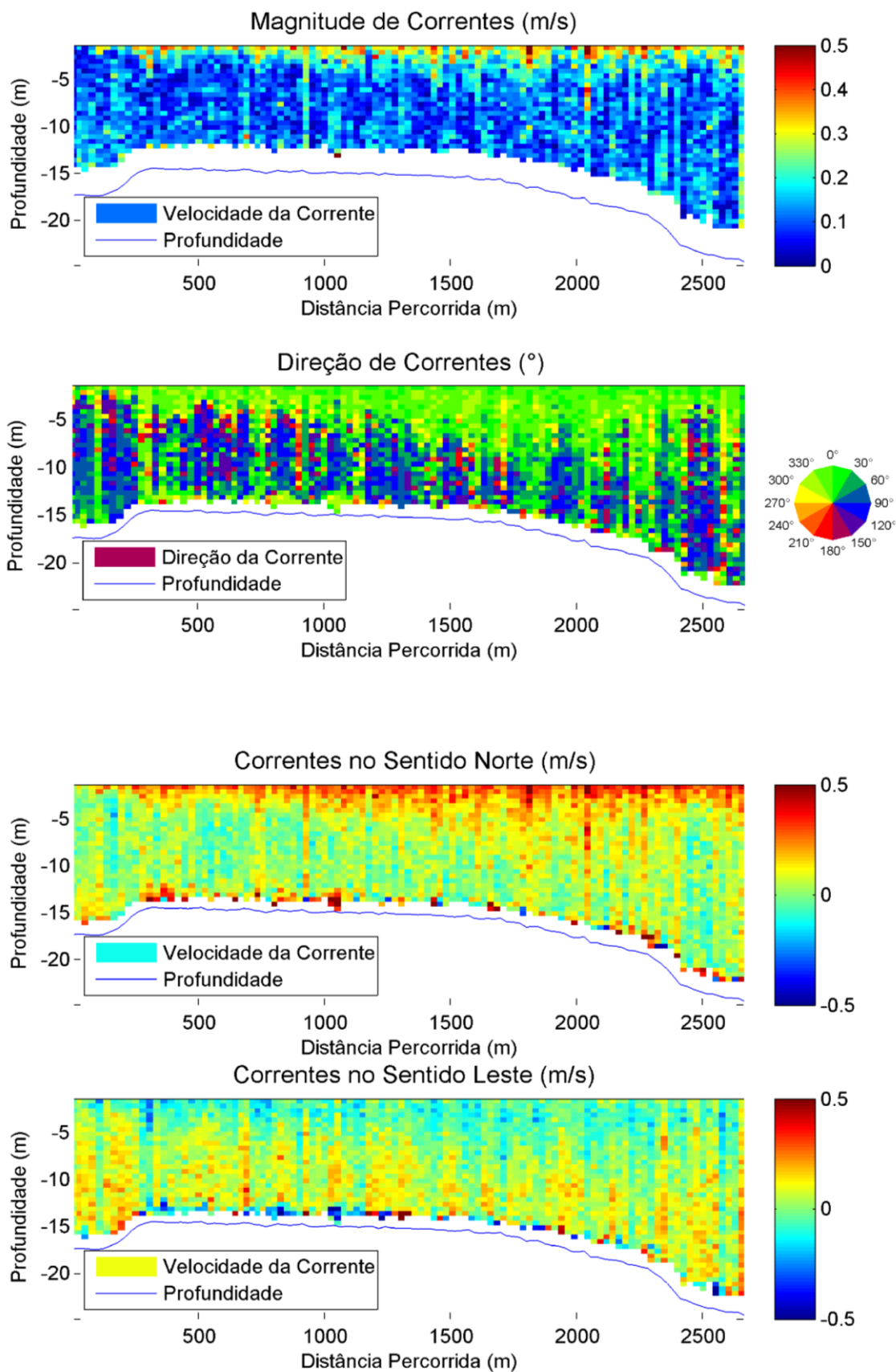


Figura 125. Perfis de correntes medidos no Transecto 1 em maré de quadratura.

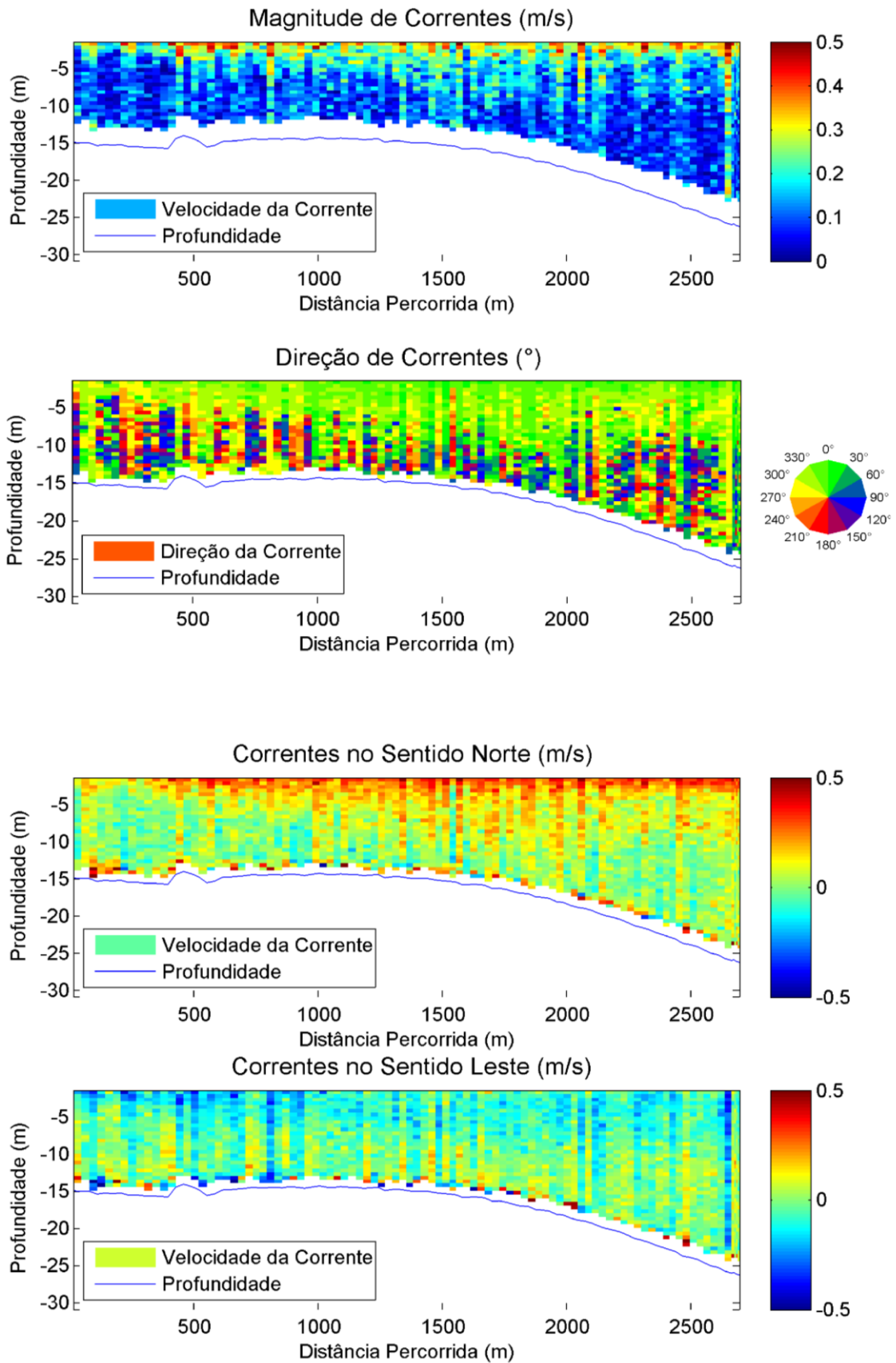


Figura 126. Perfis de correntes medidos no Transecto 2 em maré de quadratura.



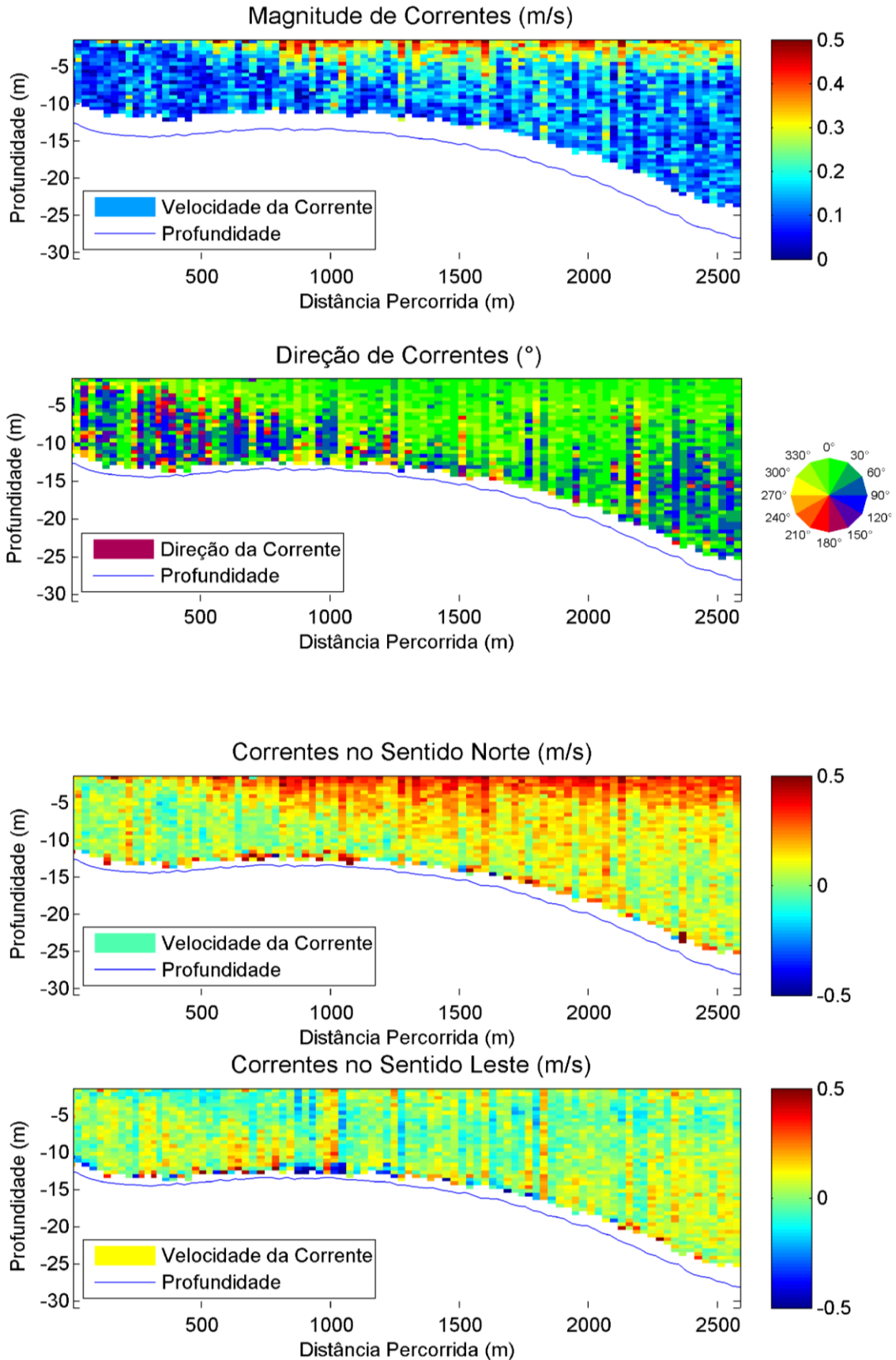


Figura 127. Perfis de correntes medidos no Transecto 3 em maré de quadratura.



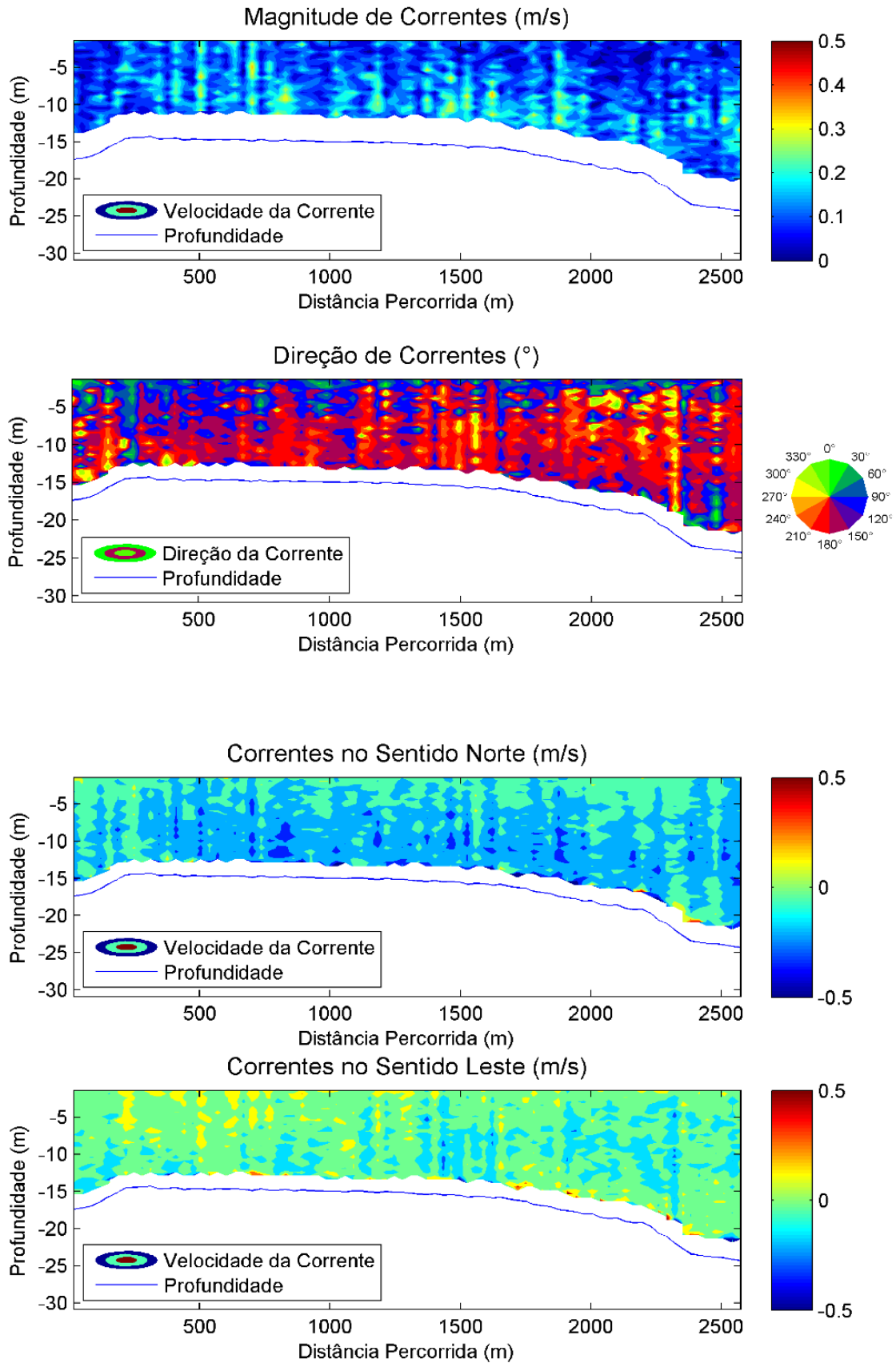


Figura 128. Perfis de correntes medidos no Transecto 1 em maré de sizígia.

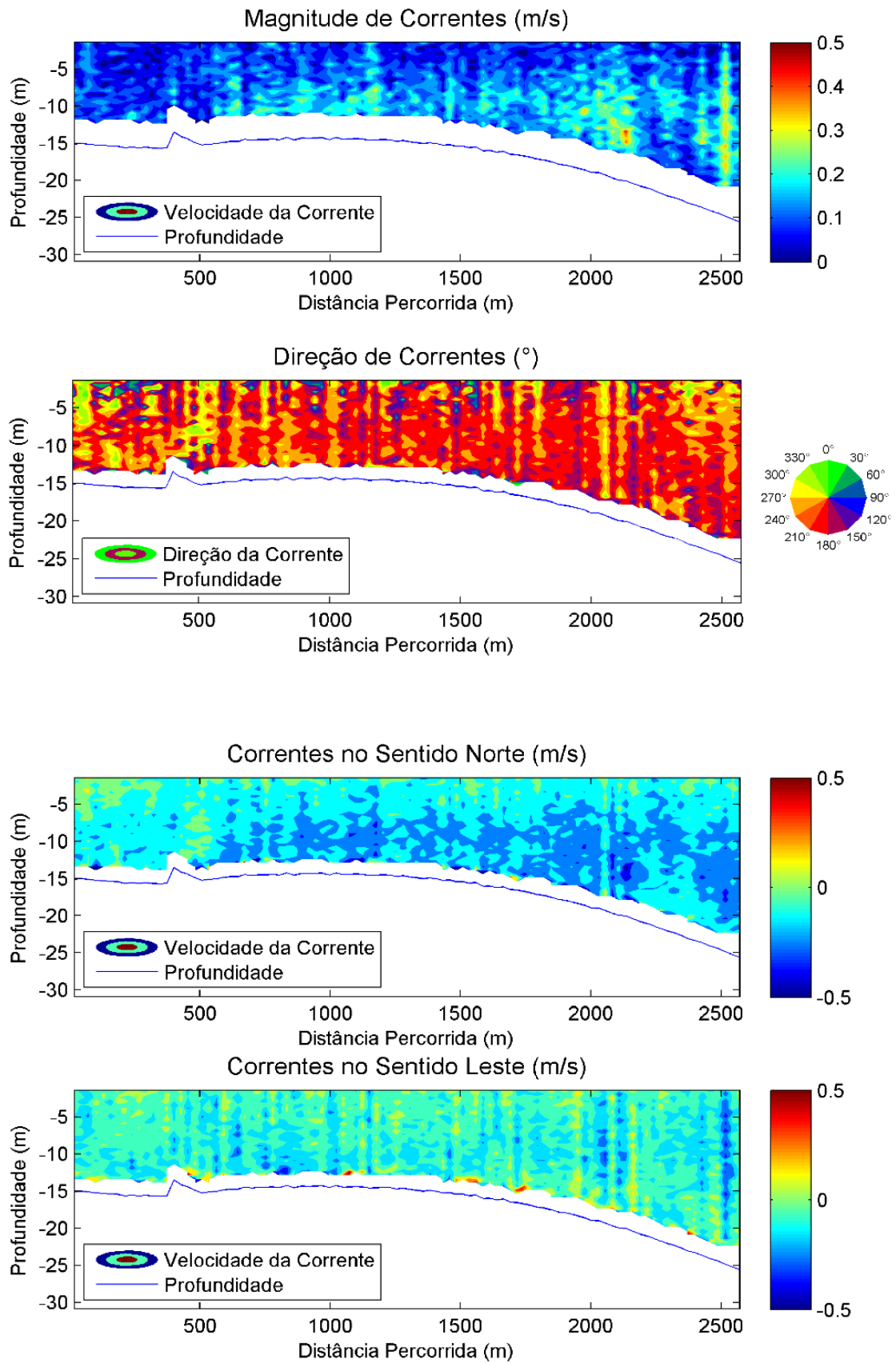


Figura 129. Perfis de correntes medidos no Transecto 2 em maré de sizígia.

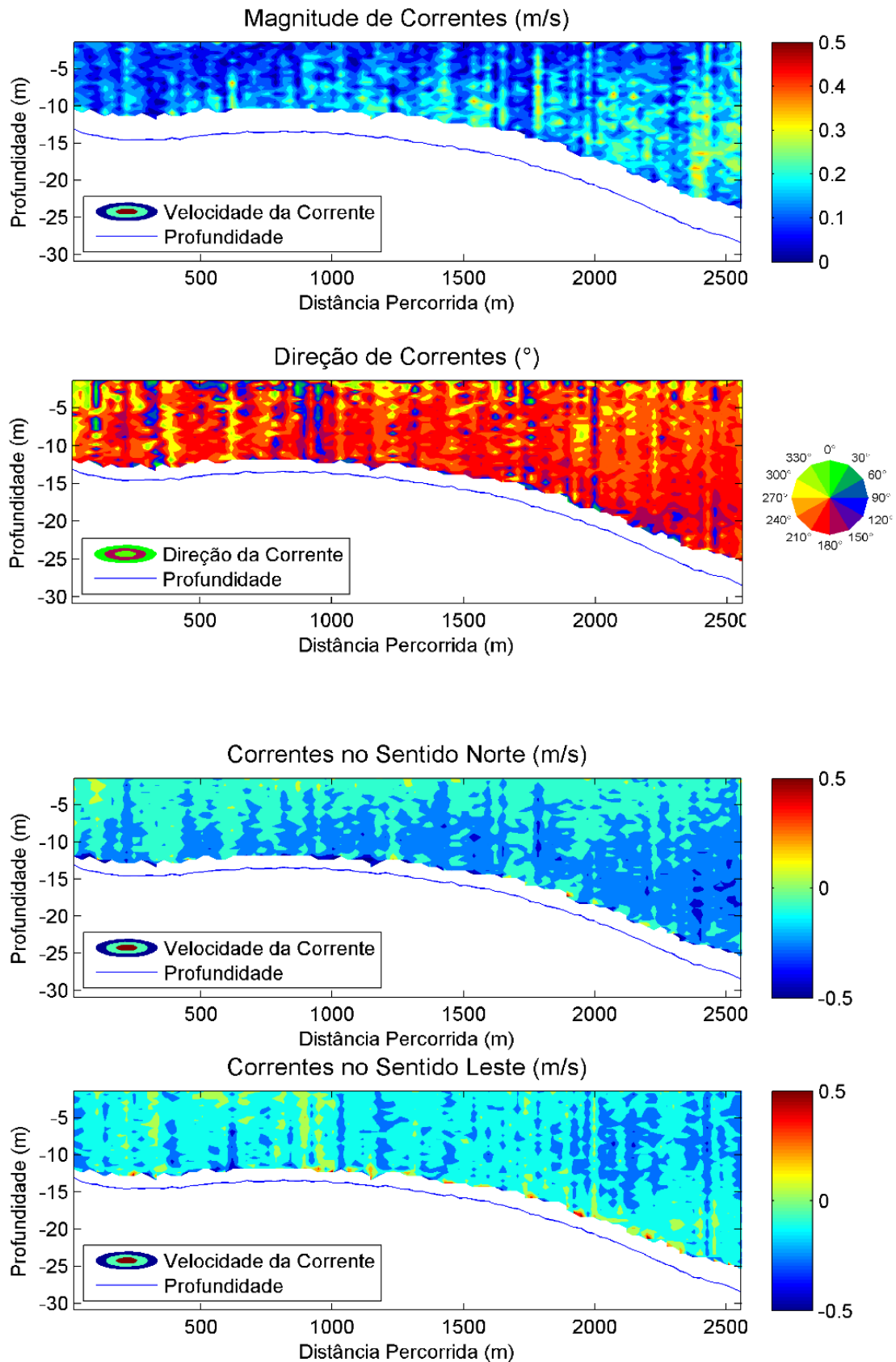
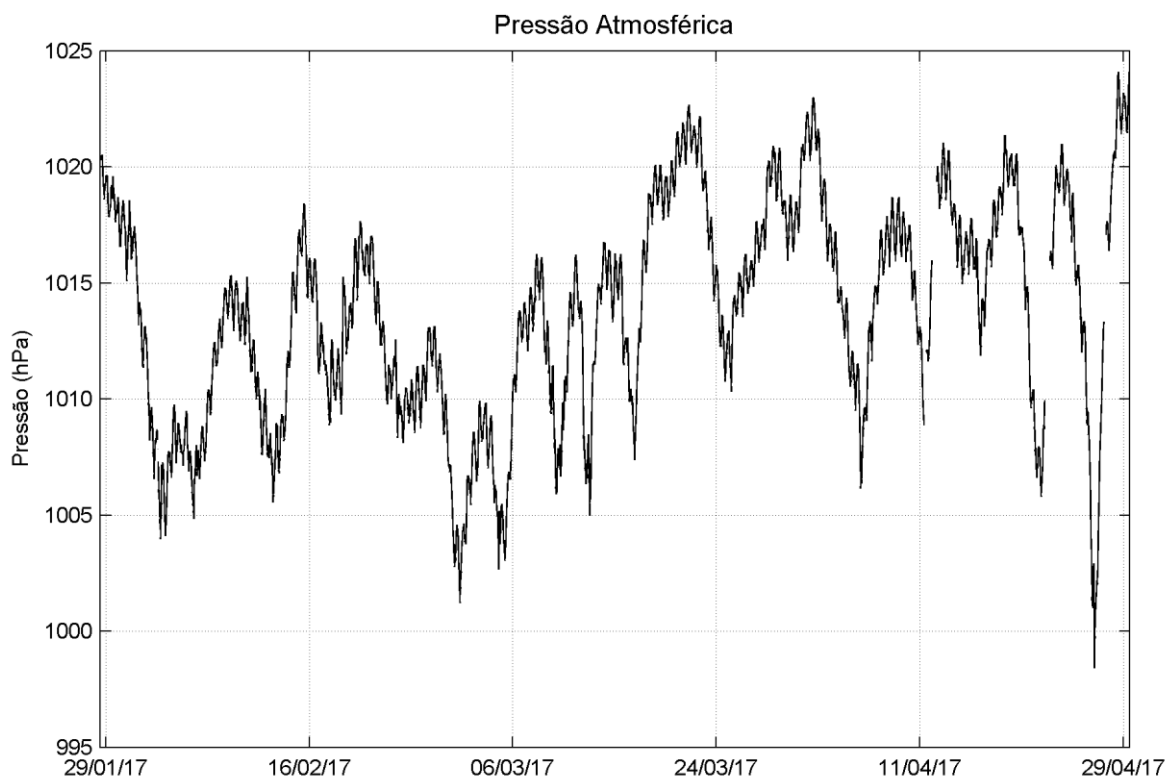


Figura 130. Perfis de correntes medidos no Transecto 3 em maré de sizígia.

### 2.3 Parâmetros meteorológicos e sua relação com parâmetros oceanográficos

Os resultados da medição de pressão atmosférica realizada no Porto de Imbituba são apresentados na Figura 131.

Verifica-se que os valores oscilaram em torno de uma média de 1016 hPa, com um valor máximo de 1024,1 hPa e um mínimo de 998,62 hPa medidos ao longo do período válido.



**Figura 131. Série temporal de pressão atmosférica medida no Porto de Imbituba.**

A Figura 132 apresenta as séries temporais de vento, sendo que o painel superior foi construído a partir de médias a cada intervalo de 6 horas, enquanto a Figura 133 apresenta a distribuição de intensidades de vento ao longo das direções.

Foram observados ventos majoritariamente dos quadrantes S e NE, sendo essa última direção onde foi observado o maior número de ocorrências. Durante o período de medição os ventos mais intensos chegaram a atingir 12,51 m/s, sendo sempre associados à direção NE.

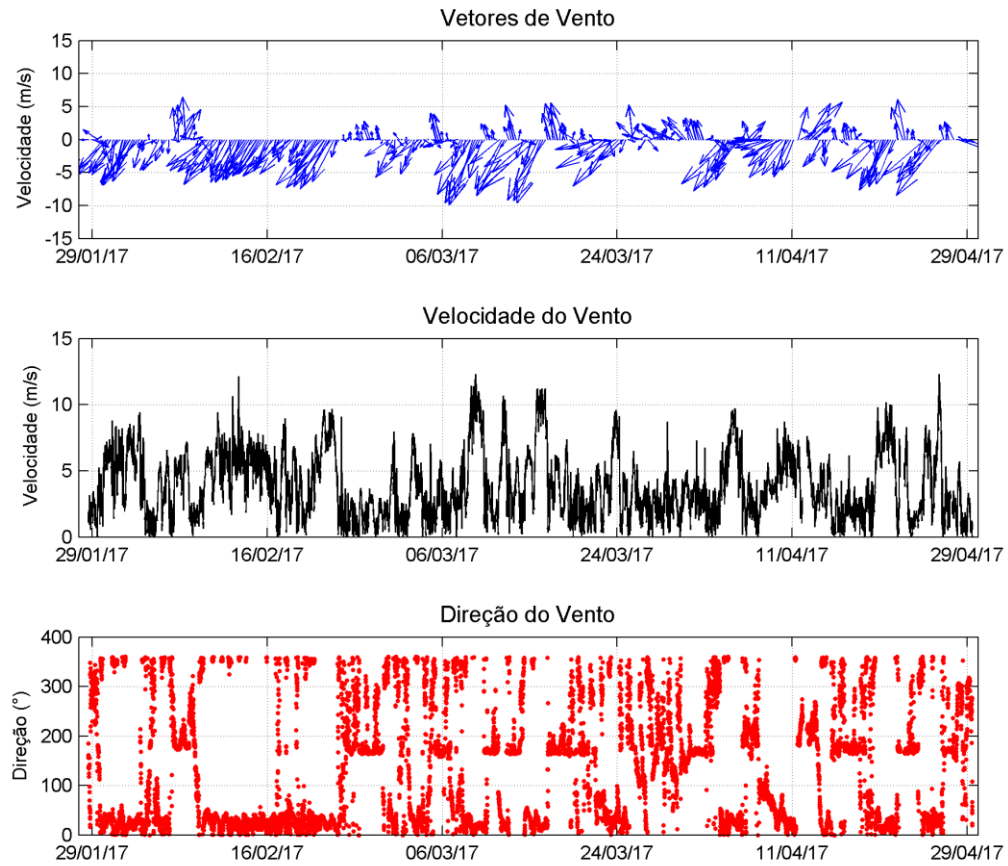


Figura 132. Séries temporais de vento medido no Porto de Imbituba.

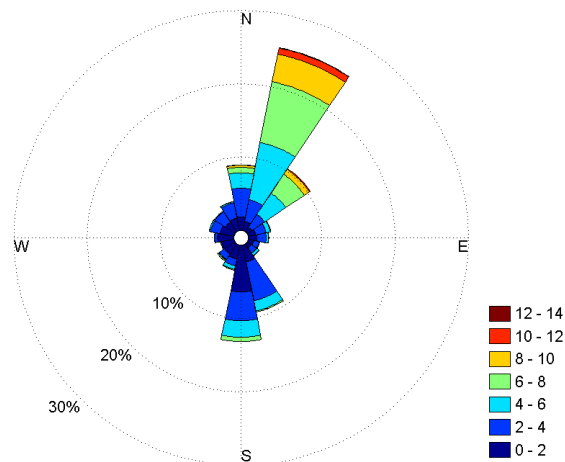


Figura 133. Distribuição de ocorrências de direção e intensidade de vento medido no Porto de Imbituba.

A região Sul do Brasil encontra-se sob influência da Zona de alta pressão da Bolívia, da Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) e a baixa do Chaco. Segundo Lemos e Calbet (1996) a região experimenta também constantes distúrbios meteorológicos, dentre os quais se destaca a entrada de frentes frias, sendo a região mais frontogênica do país. Sua ocorrência é ligeiramente menor entre os meses de janeiro e junho, mas sem diferir muito dos períodos de Inverno e Primavera.

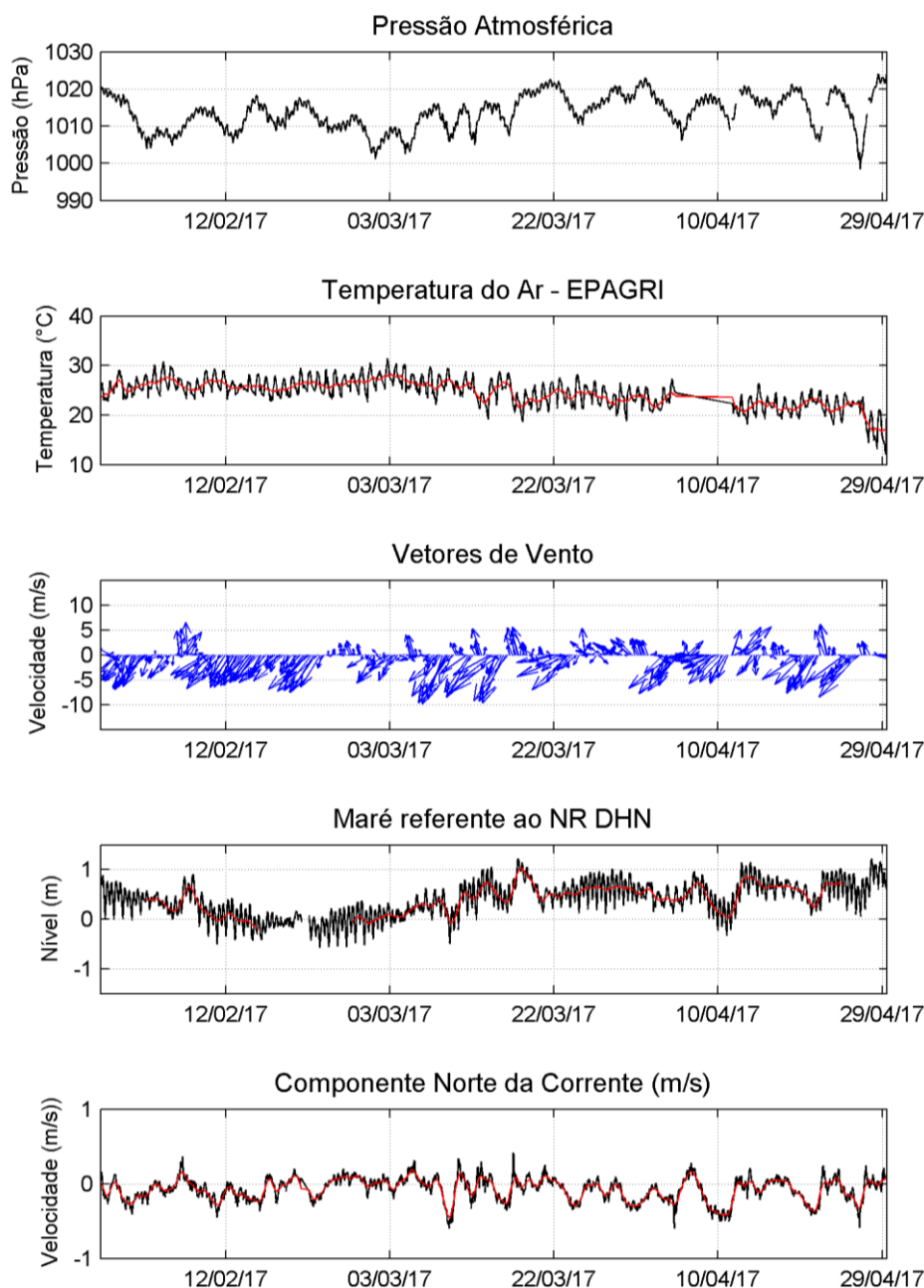
Segundo Rodrigues *et al.* (2004), um sistema frontal sobre o estado de Santa Catarina dura em média entre dois e três dias. No dia 0, o vento muda para SW e intensifica-se, devido ao aumento do gradiente de pressão (que torna-se ainda maior nos meses de Inverno). Um dia depois (dia 1) o vento gira para SE; no dia 2, durante os meses de Verão, não se identifica mais a frente fria, e o vento em SC muda para E, e durante o Inverno o cavado desloca-se mais lentamente para E, diminuindo também sua intensidade, sendo ainda possível sentir seus efeitos. Por fim, no dia 3, o padrão torna-se semelhante ao que se espera sem distúrbios, com ventos de NE de baixa intensidade.

Tomando por base 10 anos de dados de reanálise do NCEP-NCAR, os autores (*opus cit.*) identificaram 429 casos de entrada de frentes frias na década de 1990, caracterizando-os a partir dos seguintes eventos:

- Giro do vento de quadrante Norte para Sul;
- Permanência de vento Sul por dois dias, ao menos;
- Queda de temperatura no momento do giro do vento ou até dois dias depois, de 0,5 °C no mínimo.

A fim de relacionar os distúrbios da pressão atmosférica com os demais parâmetros meteorológicos, é apresentada na Figura 134 sua série temporal bem como aquela de temperatura do ar (obtida através da estação meteorológica implantada pela EPAGRI no porto de Imbituba), os vetores de vento além de dados de maré e correntes medidos pelo ADCP. Para a temperatura do ar e as correntes foram geradas séries temporais de baixa frequência através do emprego de uma média móvel com intervalo de 24 h, a fim de eliminar as flutuações infradiurnas desses parâmetros.





**Figura 134: Séries temporais de parâmetros físicos para comparação. As setas azuis indicam momentos de entrada de frentes frias e as linhas vermelhas representam as séries de baixa frequência.**

Verifica-se ao longo das séries temporais o giro do vento, a queda de temperatura, a sobre-elevação do nível do mar e a tendência das correntes em fluírem para o Norte em momentos muito próximos e imediatamente posteriores aos de alteração da pressão atmosférica. Esse tipo de alteração dos campos de pressão atmosférica, de vento e temperatura são associados às frentes frias, conforme afirmam Satyamurty e Mattos (1989).

Comparando os gráficos apresentados e a descrição acima, é notável a atuação da frente na variação da pressão atmosférica em três passos: uma diminuição – subida do ar quente sendo

empurrada pelo ar frio, seguida de um aumento brusco causado pela chegada do ar frio, mais denso; e o retorno a condição de normalidade da pressão.

Os efeitos da frente sobre a direção e intensidade do vento, assim como a queda de temperatura característica desses eventos, podem ser verificados nos momentos destacados pelas setas na Figura 134. Em um período de 96 dias foram identificadas aproximadamente 12 entradas de frentes frias, com duração entre 2 e 3 dias sempre com a repetição desse tipo de comportamento dos referidos parâmetros, ainda que com diferentes intensidades.

Segundo Camargo e Harari (1994) e Truccolo e Franco (2000) tais distúrbios atmosféricos podem provocar sobre-elevações do nível do mar, além de alterar padrões de circulação de correntes oceânicas. A avaliação desse parâmetro se torna importante no contexto do presente monitoramento devido a sua possível relação com mudanças nas ondulações e marés meteorológicas medidas na área de estudo.

No caso dos resultados apresentados pela Figura 134, fica clara a relação das frentes frias com a sobre-elevação do nível do mar, especialmente nas séries temporais que passaram pelo filtro da média móvel. Destacou-se ainda o comportamento da corrente medida: ao se eliminar os efeitos da maré astronômica, usando o expediente da média móvel, foi possível verificar as respostas da componente N-S das correntes à entrada de frentes frias, com o correspondente aumento da intensidade de ventos da direção Sul. Durante esse eventos, as correntes passam a fluir ininterruptamente para a direção Norte, com uma resposta mais intensa nas camadas mais superficiais da coluna d'água. Na ausência das frentes, por outro lado, os ventos dos quadrantes N e NE são capazes de gerar correntes fluindo ininterruptamente para Sul. É possível sugerir assim que as correntes que ocorrem defronte a enseada do Porto de Imbituba são controladas principalmente pela entrada de frentes e o vento correspondente, cabendo a maré meteorológica e à maré astronômica papéis secundários.

### 3 CAMPANHAS DE LEVANTAMENTO BATIMÉTRICO

#### 3.1 BATIMETRIA DA ENSEADA E BOTA-FORAS

Todos os resultados do levantamento hidrográfico estão no sistema de coordenadas UTM, Datum WGS-84, zona 22 sul e profundidades reduzidas para o nível de redução da DHN.

O levantamento batimétrico foi realizado em duas campanhas. A primeira campanha batimétrica foi realizada entre os dias 16/01 e 23/02/2017. A segunda campanha por sua vez foi iniciada no dia 14/03 com término em 19/04/2017. Desta forma, os resultados deste capítulo serão apresentados para dois momentos diferentes.

A primeira campanha abrangeu toda a área da enseada da praia do Porto de Imbituba e o bota-fora mais próximo ao espigão (Figura 135).

As profundidades na área de estudo variaram entre 0,2 m e 18,5 m, aproximadamente (Tabela 2). As maiores profundidades foram observadas no canal de navegação, atingindo o valor máximo de 18,44. As menores profundidades foram observadas próximo à praia e na porção sul do Porto de Imbituba. O bota-fora apresentou profundidades variando entre 10 m, na região mais próximo ao espigão, e 15 m na região nordeste da área (Figura 135 e Figura 136).

A região do berço 3 e retro-área deste, áreas de interesse do projeto por apresentar constante assoreamento, apresentaram profundidades variando entre 6 m, na região sul e sudeste da retro-área, e 15 m na área à nordeste da mesma, oriunda da atividade de dragagem no local. O berço, por sua vez apresentou profundidade máxima de 15 m e mínima de 11 m ao sul do berço.

**Tabela 2. Classificações das profundidades encontradas para a Campanha 1.**

Campanha 1	MÍNIMA	MODA	MÁXIMA
Profundidade	0,18	15,92	18,44

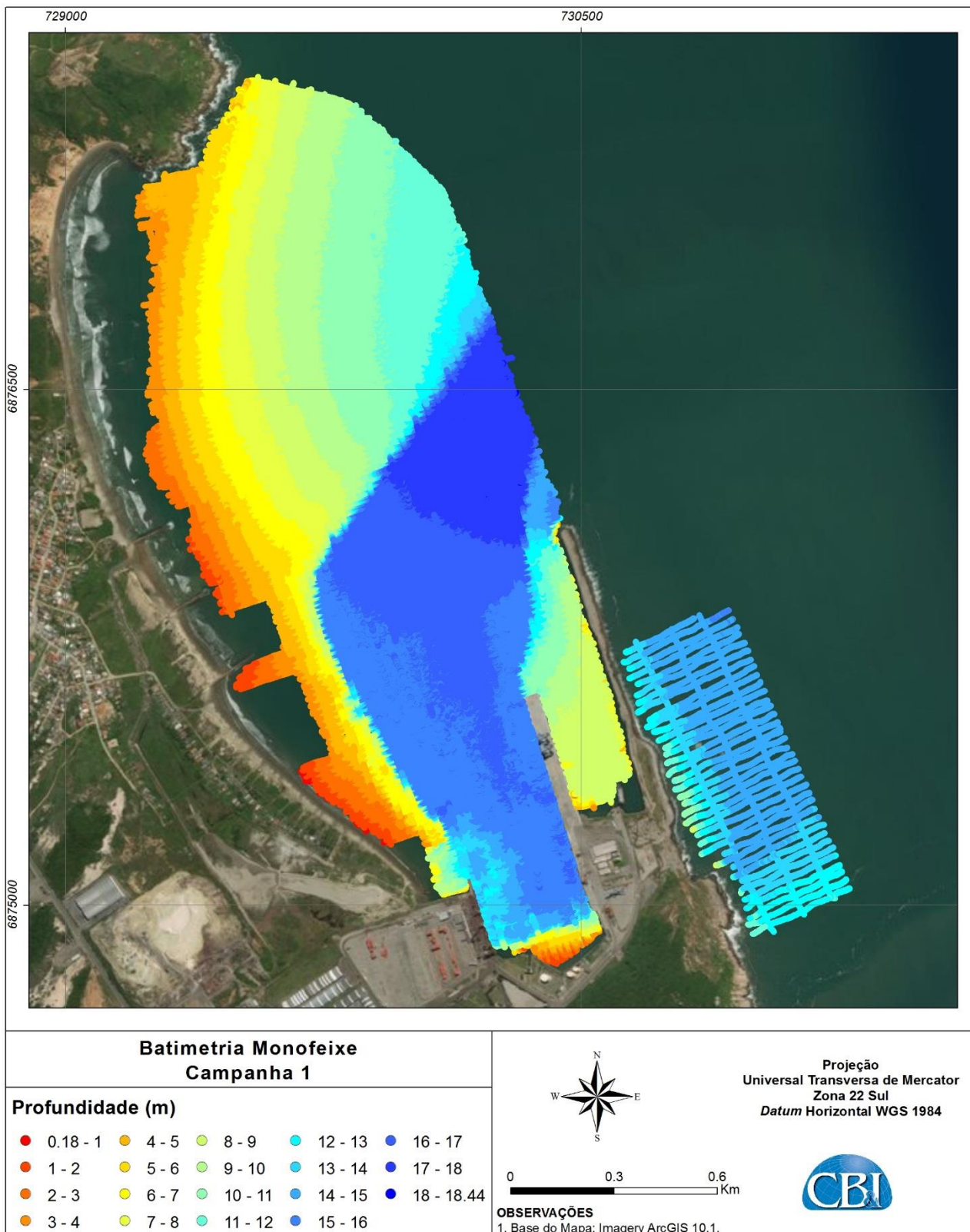


Figura 135. Batimetria monofeixe da Campanha 1, representada em intervalos de 1 metro de profundidade.



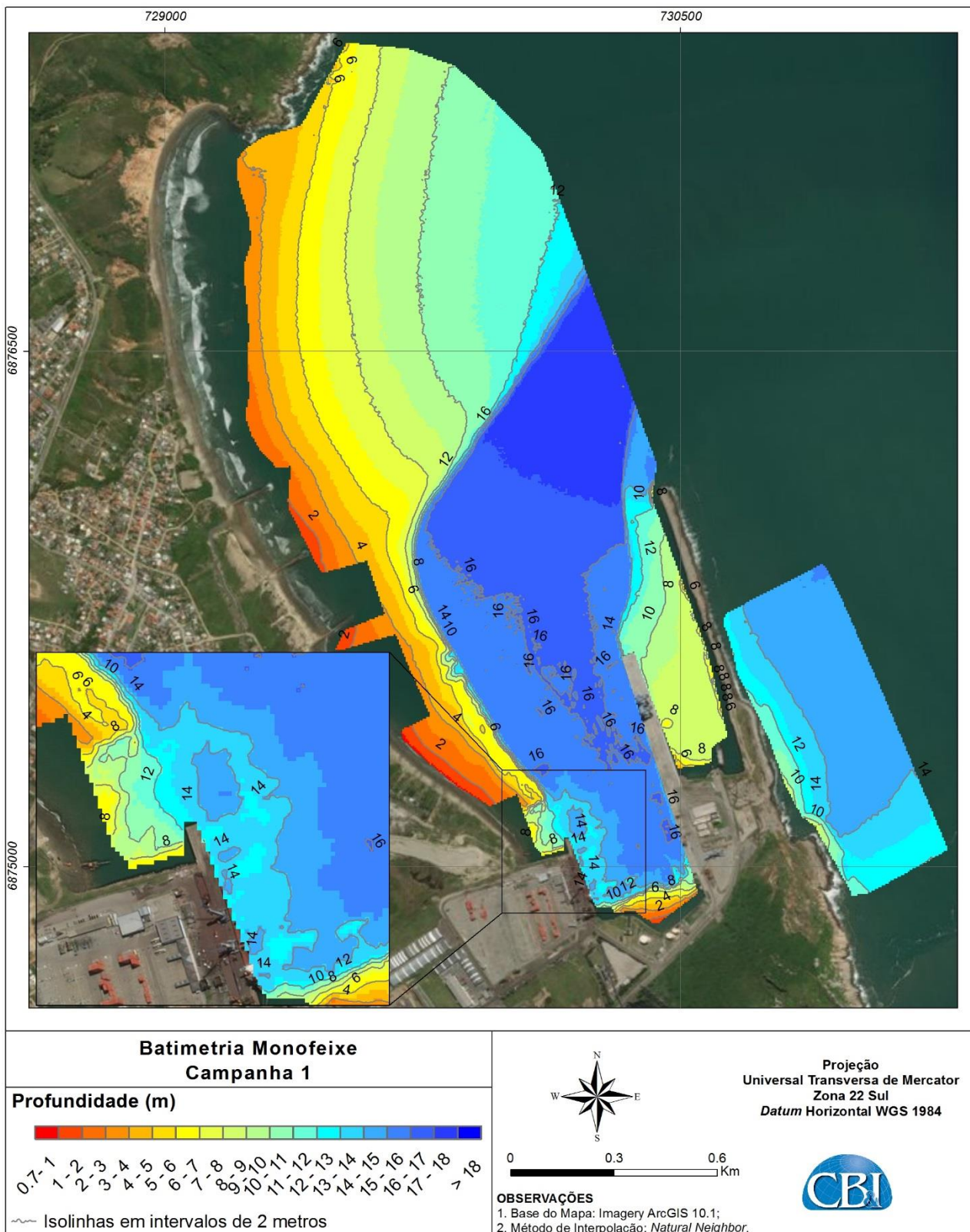


Figura 136. Batimetria monofeixe da Campanha 1, representada com interpolação pelo método *Natural Neighbor* e linhas isobatimétricas em intervalos de 2 metros de profundidade.

A segunda campanha também abrangeu a área da enseada da praia do Porto de Imbituba e os demais bota-foras (Figura 137).

As profundidades na área de estudo variaram entre 0,6 m e 30 m, aproximadamente (Tabela 3). As maiores profundidades foram observadas no bota-fora mais ao sul, atingindo o valor máximo de 29,92. Assim como na Campanha 1, as menores profundidades foram observadas próximo à praia e na porção sul do Porto de Imbituba (Figura 137 e Figura 138).

O bota-fora oeste apresentou as menores profundidades entre as áreas de descarte, variando entre 15 e 16 metros. Os bota-foras nordeste apresentaram profundidades entre 16 e 20 metros. Aquele que apresentou as maiores profundidades foi o bota-fora sul, com valores variando entre 15 e 30 metros.

Da mesma forma que a campanha anterior, a região do berço 3 e retro-área deste, apresentaram profundidades variando entre 6 m, na região sul e sudeste da retro-área, e 15 m na área à nordeste da mesma, oriunda da atividade de dragagem no local. O berço, por sua vez apresentou profundidade máxima de 15 m e mínima de 11 m ao sul do berço.

**Tabela 3. Classificações das profundidades encontradas para a Campanha 2.**

Campanha 2	<i>MÍNIMA</i>	<i>MODA</i>	<i>MÁXIMA</i>
Profundidade	0,56	15,92	29,92



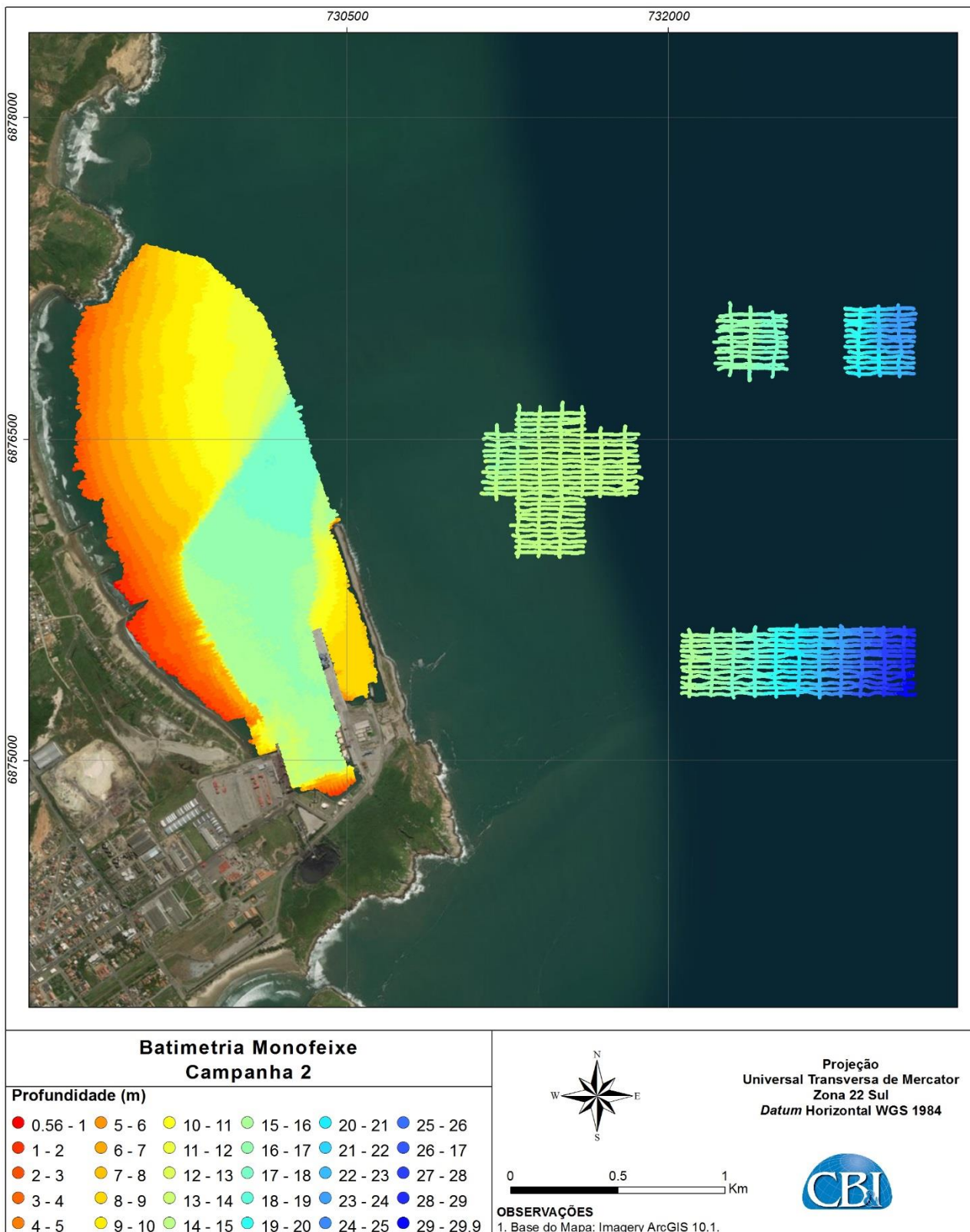


Figura 137. Batimetria monofeixe da Campanha 2, representada em intervalos de 1 metro de profundidade.

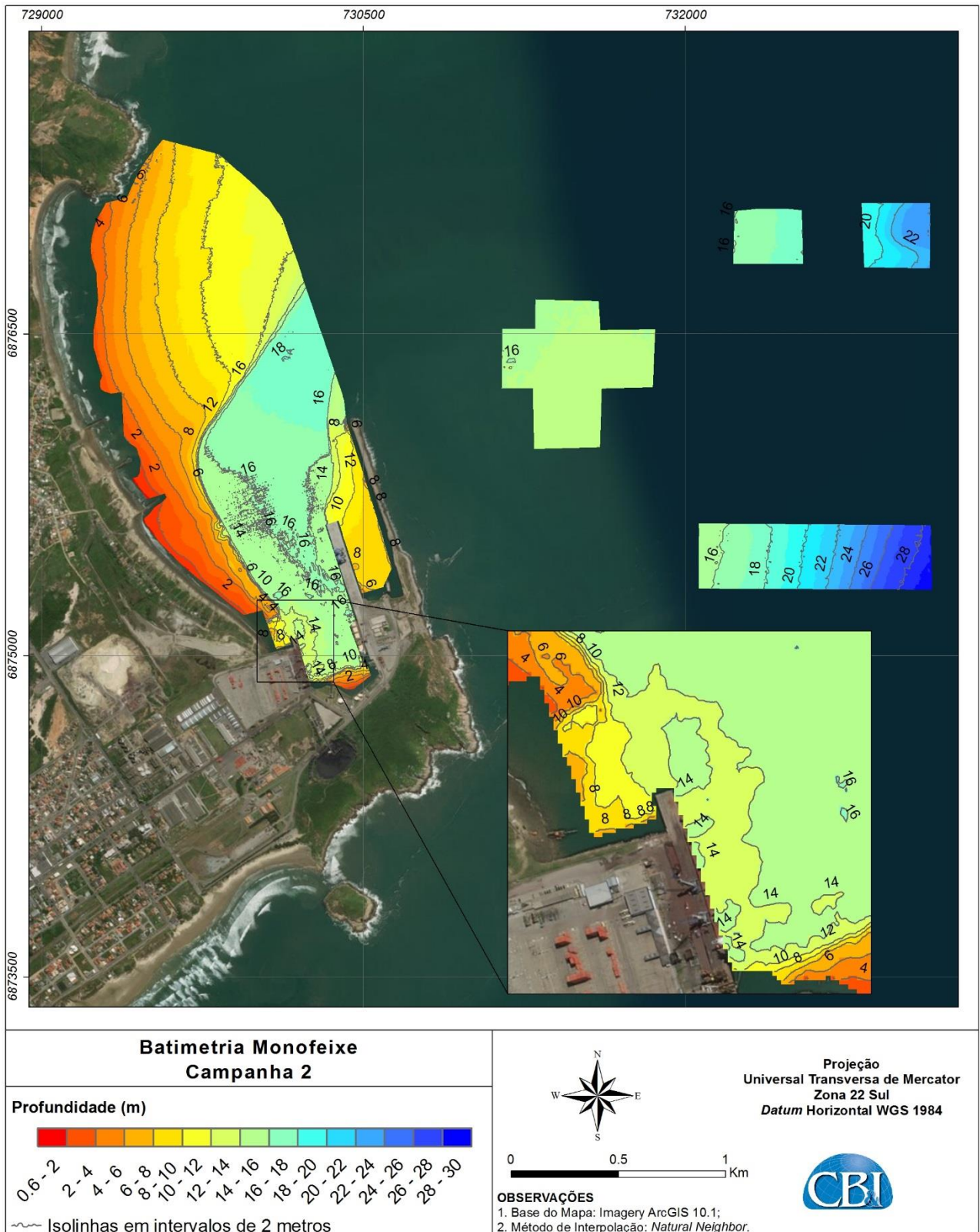


Figura 138. Batimetria monofeixe da Campanha 2, representada com interpolação pelo método *Natural Neighbor* e linhas isobatimétricas em intervalos de 2 metros de profundidade.

A Figura 139 apresenta o resultado das duas campanhas batimétricas para a área da enseada.

Pouca diferença foi observada nas profundidades da enseada entre as duas campanhas batimétricas. As profundidades na enseada da campanha 1 variaram entre 0,18 m e 18,5 m, e entre 0,56 e 18,51 metros na campanha 2 (Tabela 4). Ambas as campanhas apresentaram uma moda de 15,92 metros.

Novamente, as maiores profundidades foram observadas no canal de navegação, enquanto que as menores foram observadas junto à praia e na zona mais ao sul do Porto de Imbituba.

A região do berço 3 apresentou um pequeno aprofundamento entre as campanhas, variação verificada pelo aumento de áreas com profundidade acima de 14 metros.

**Tabela 4. Classificações das profundidades da enseada encontradas para a campanha 1 e campanha 2.**

Profundidade (m)	MÍNIMA	MODA	MÁXIMA
Campanha 1	0,18	15,92	18,44
Campanha 2	0,56	15,92	18,51

A fim de melhor definir as variações de profundidades entre as duas Campanhas, foi realizado uma comparação entre os dois levantamentos. Esta comparação foi realizada em ambiente GIS subtraindo os valores da campanha 2 dos valores obtidos da campanha 1, através de superfícies geradas a partir do método *Natural Neighbor* (Figura 140). Variações com valores até 0,5 metros foram descartadas da avaliação por estar na faixa da incerteza limite do método, proposto pela NORMAM 25, Anexo J, Título IV.

De maneira geral, a área da enseada apresentou áreas pontuais de erosão e sedimentação. A área próxima ao talude oeste foi caracterizada, em sua maior parte, por pontos de erosão, enquanto que as áreas próximas ao talude leste foram caracterizadas, novamente em sua maioria, por focos de sedimentação. Adicionalmente, pode ser observado uma área de sedimentação à noroeste da enseada, de tamanho relevante. Esta área apresentou valores de sedimentação na faixa de 0,5 a 1,5 metros, aproximadamente.

Os maiores valores de erosão foram observados à noroeste do espigão, atingindo valores de 2,5 metros aproximadamente. Contudo, nesta mesma região pode ser observado o maior valor de sedimentação encontrado, atingindo 3,7 metros, aproximadamente. Este padrão se deve, aparentemente, ao movimento sedimentar local em resposta à difração de ondas na ponta do espigão.

A área caracterizada como “problema” do estudo, a qual abrange o berço 3 e sua retro-área, não apresentou um padrão definido de sedimentação ou erosão. O berço 3 apresentou maiores pontos de erosão, atingindo o valor de 1,3 metros, aproximadamente, à sul da área. A retro-área, por sua vez, apresentou focos tanto de erosão quanto de sedimentação. Entretanto, o maior valor encontrado foi de 1,65 metros de sedimentação à noroeste da área.



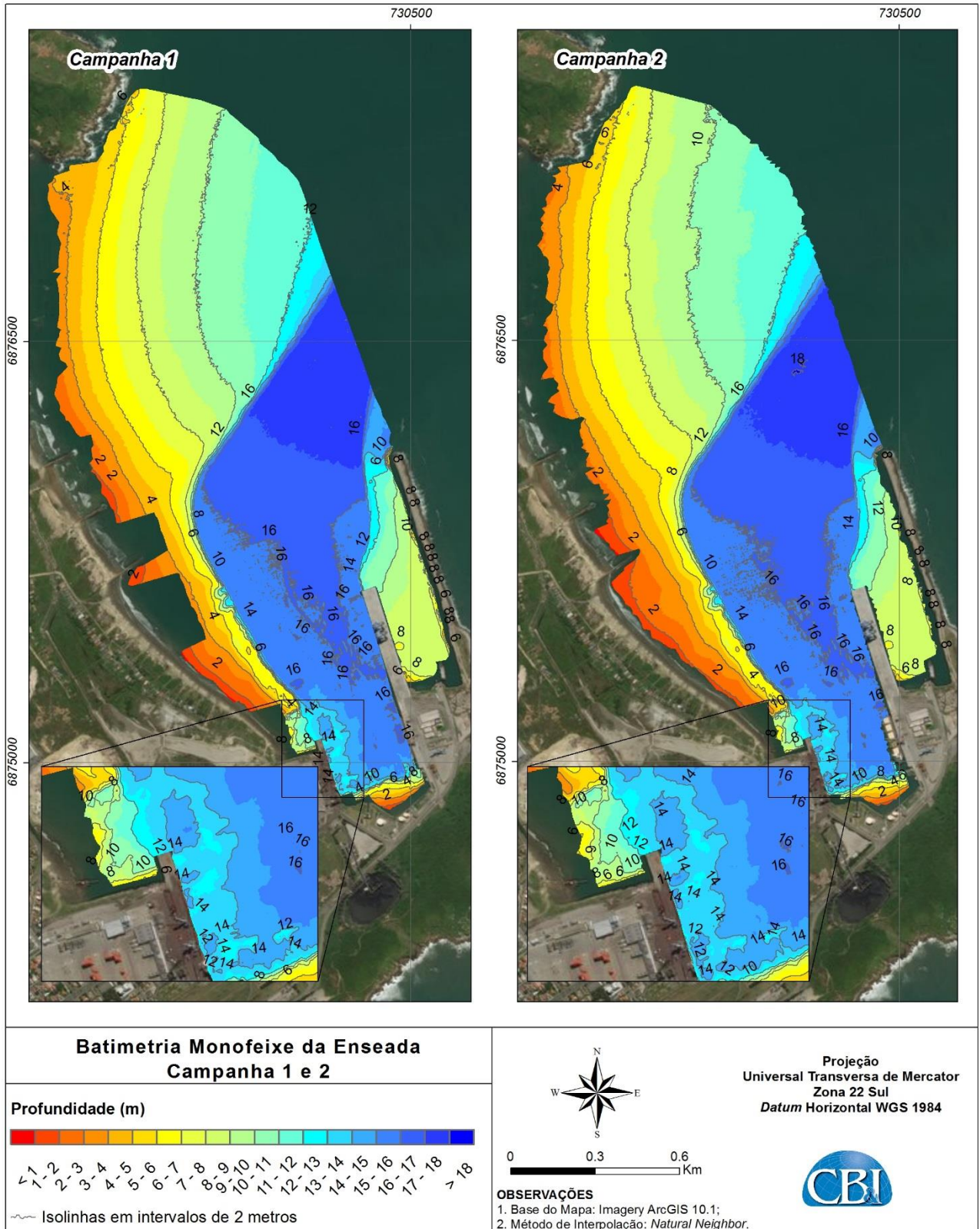


Figura 139. Batimetria monofeixe da enseada da Campanha 1 e campanha 2, representada com interpolação pelo método *Natural Neighbor* e linhas isobatimétricas em intervalos de 2 metros de profundidade.

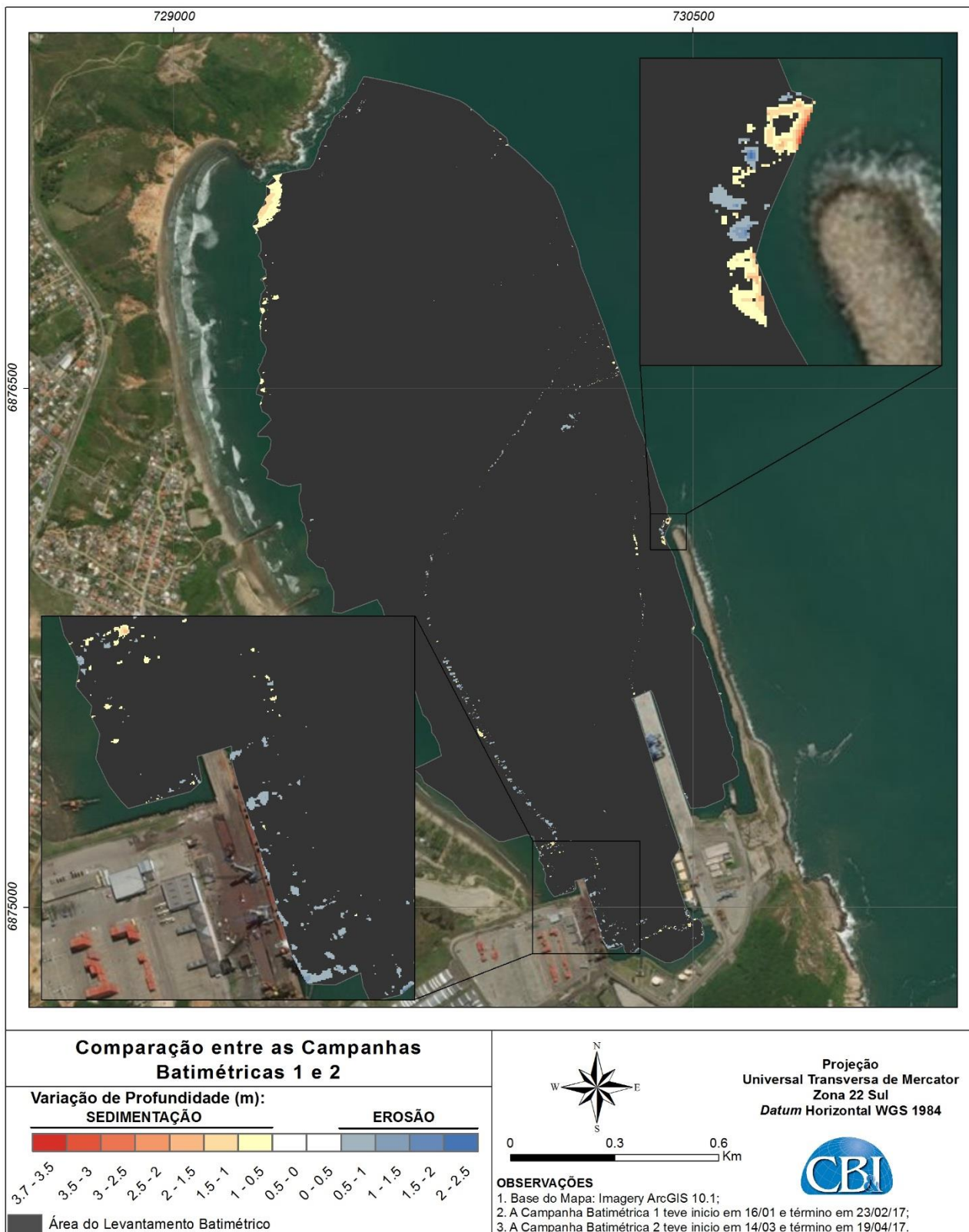


Figura 140. Comparação entre as campanhas batimétricas realizadas na enseada da Praia do Porto de Imbituba, através da subtração de superfícies geradas a partir do método *Natural Neighbor*.

### 3.2 PERFIS DE PRAIA TOPO-BATIMÉTRICOS

As campanhas de perfil de praia foram realizadas em dois momentos. A primeira campanha foi realizada nos dias 26 e 27/01/2017. A segunda campanha foi realizada nos dias 13 e 14/04/2017.

A Figura 141 apresenta os perfis executados durante as duas campanhas. No total, foram realizados 18 perfis topo-batimétricos para a primeira campanha e 17 para a segunda campanha.

Da Figura 142 a Figura 159 é apresentada a comparação entre os perfis topo-batimétricos executados nas diferentes campanhas.

Na região dos perfis topo-batimétricos mais próximo à praia, foi possível observar a formação de bancos submersos entre as duas campanhas. Sugere-se que esta formação ocorreu devido à eventos de alta energia, caracterizando uma movimentação de sedimentos da porção mais rasa do perfil para uma área mais profunda.

Entre os perfis 8 e 18, os quais atingem as profundidades do canal de navegação, nota-se uma sedimentação do fundo do canal, de cerca de 0,5 metros. Em alguns perfis observa-se ainda que esta sedimentação pode estar associada ao perfil do talude procurar sua forma mais estável, ocorrendo uma erosão do talude do canal e uma sedimentação no fundo do mesmo.



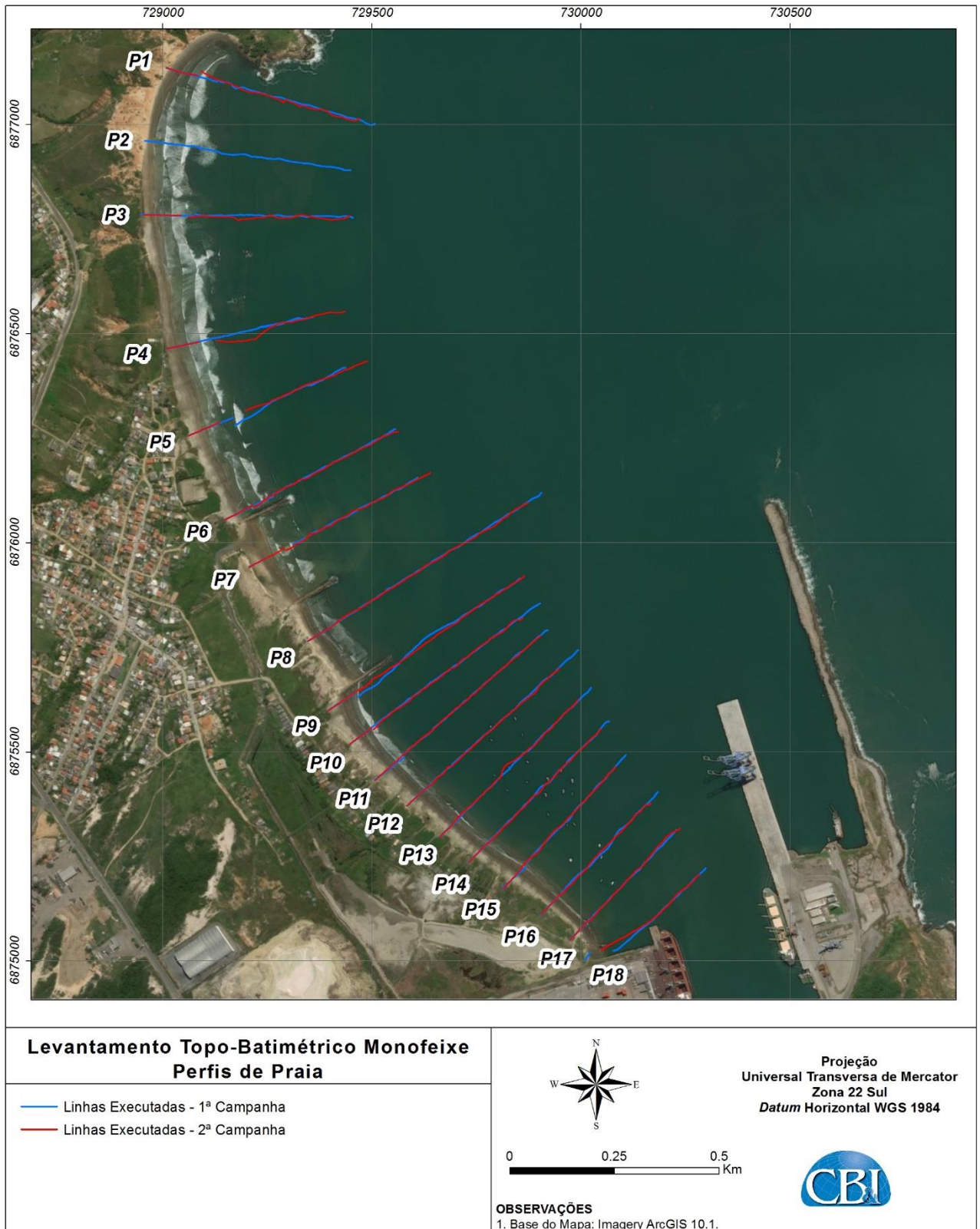


Figura 141. Perfis topo-batimétricos executados na campanha 1 e na campanha 2.

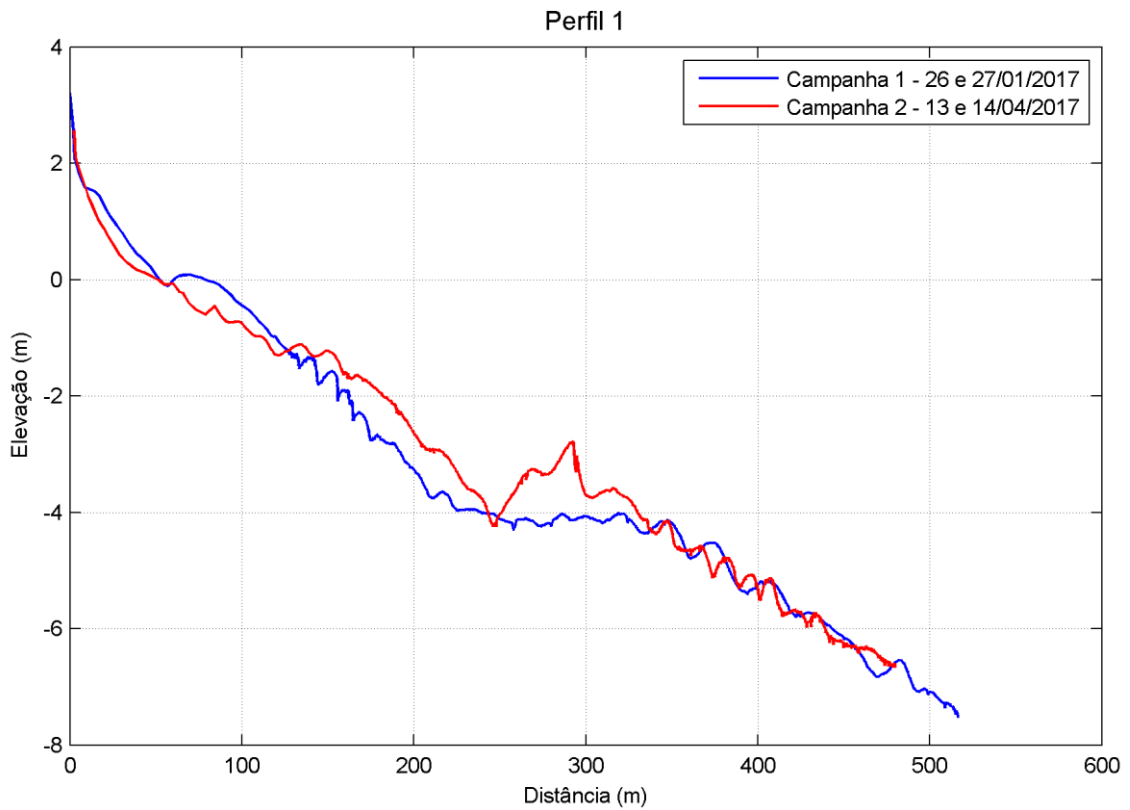


Figura 142. Comparação entre as campanhas 1 e 2 – Perfil 1.

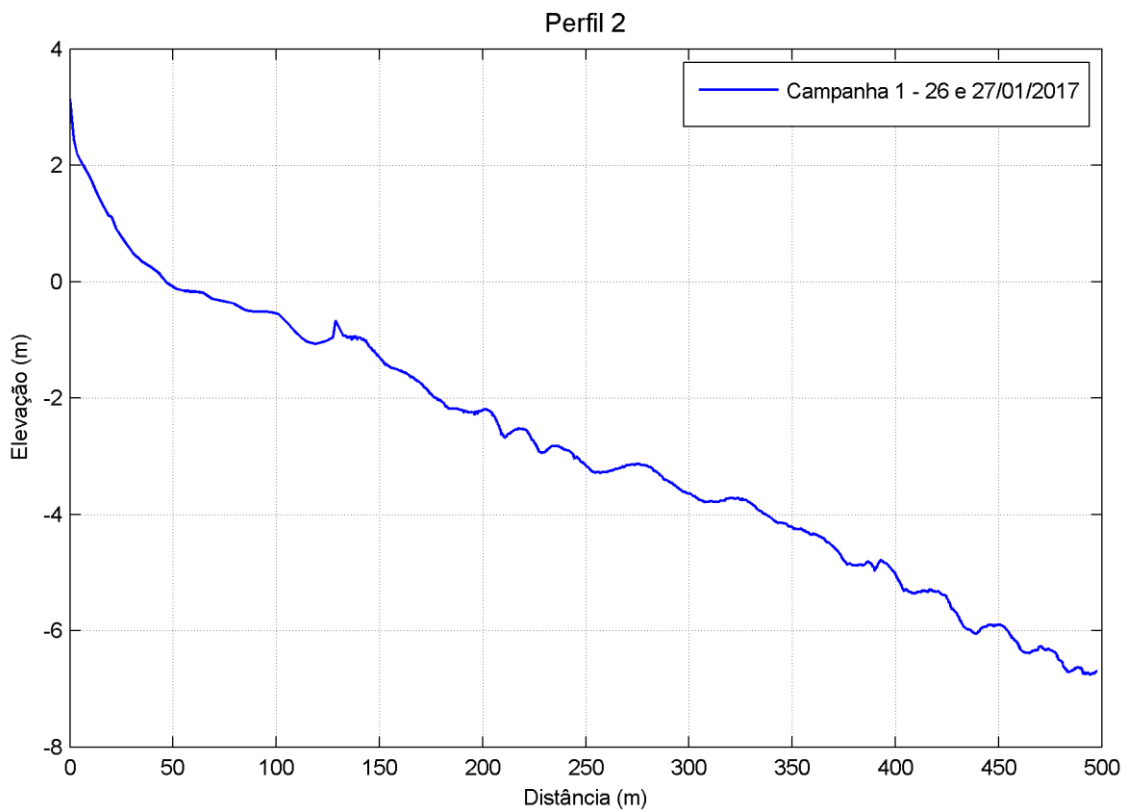


Figura 143. Campanhas 1 – Perfil 2.

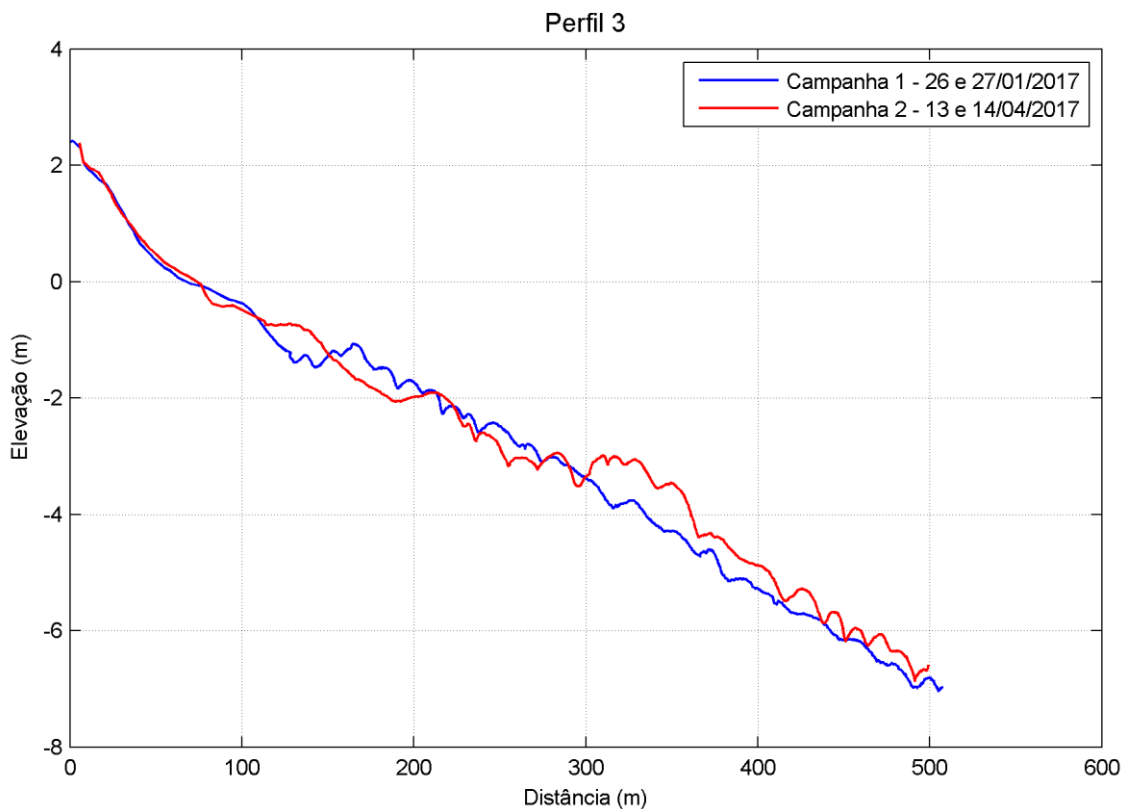


Figura 144. Comparação entre as campanhas 1 e 2 – Perfil 3.

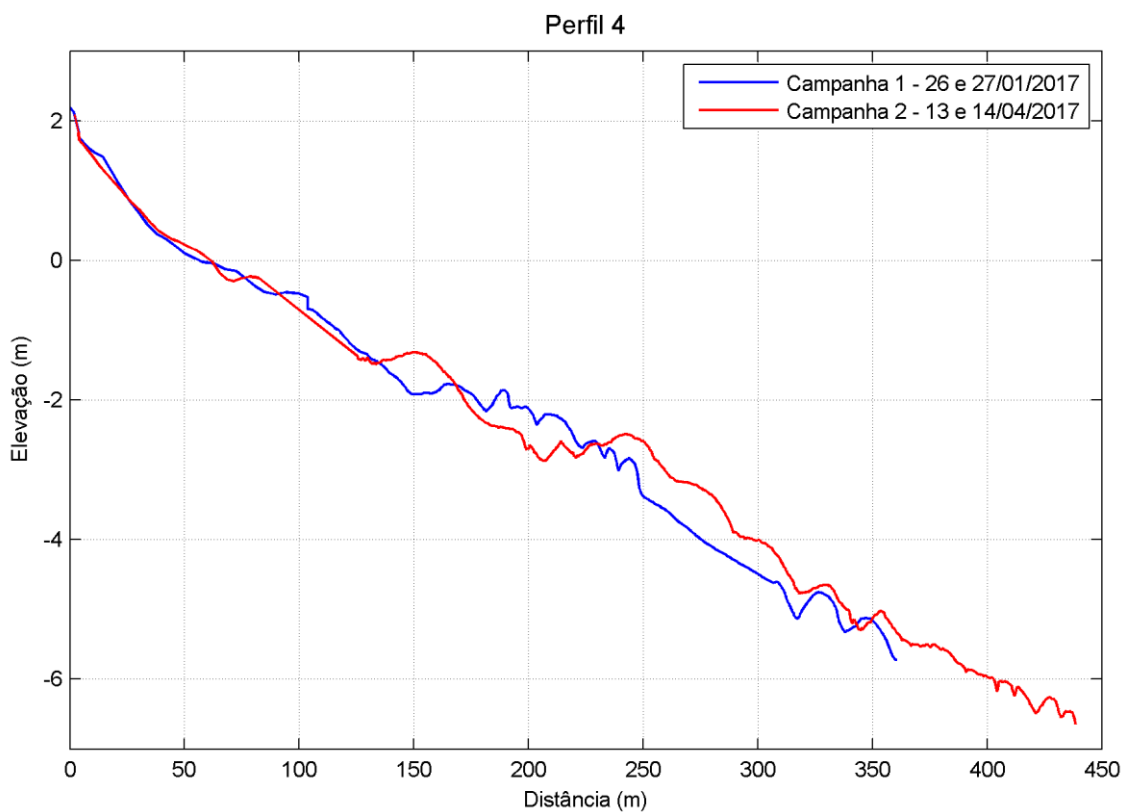


Figura 145. Comparação entre as campanhas 1 e 2 – Perfil 4.

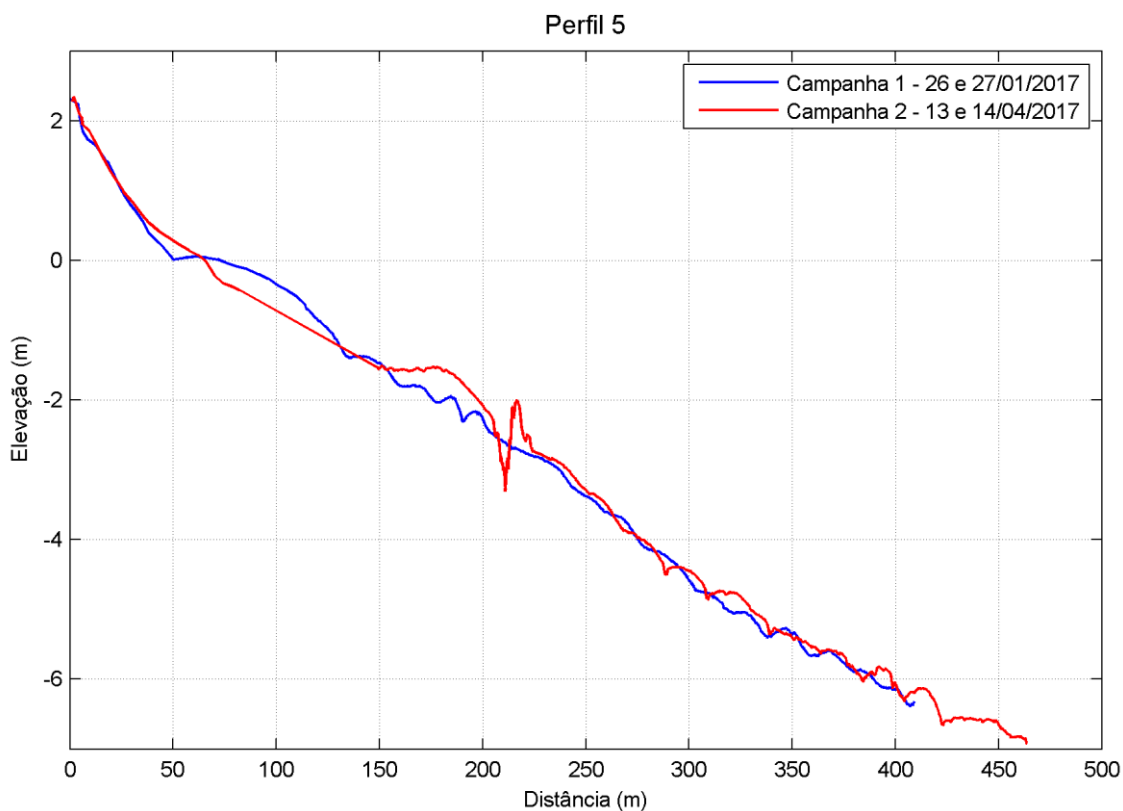


Figura 146. Comparação entre as campanhas 1 e 2 – Perfil 5.

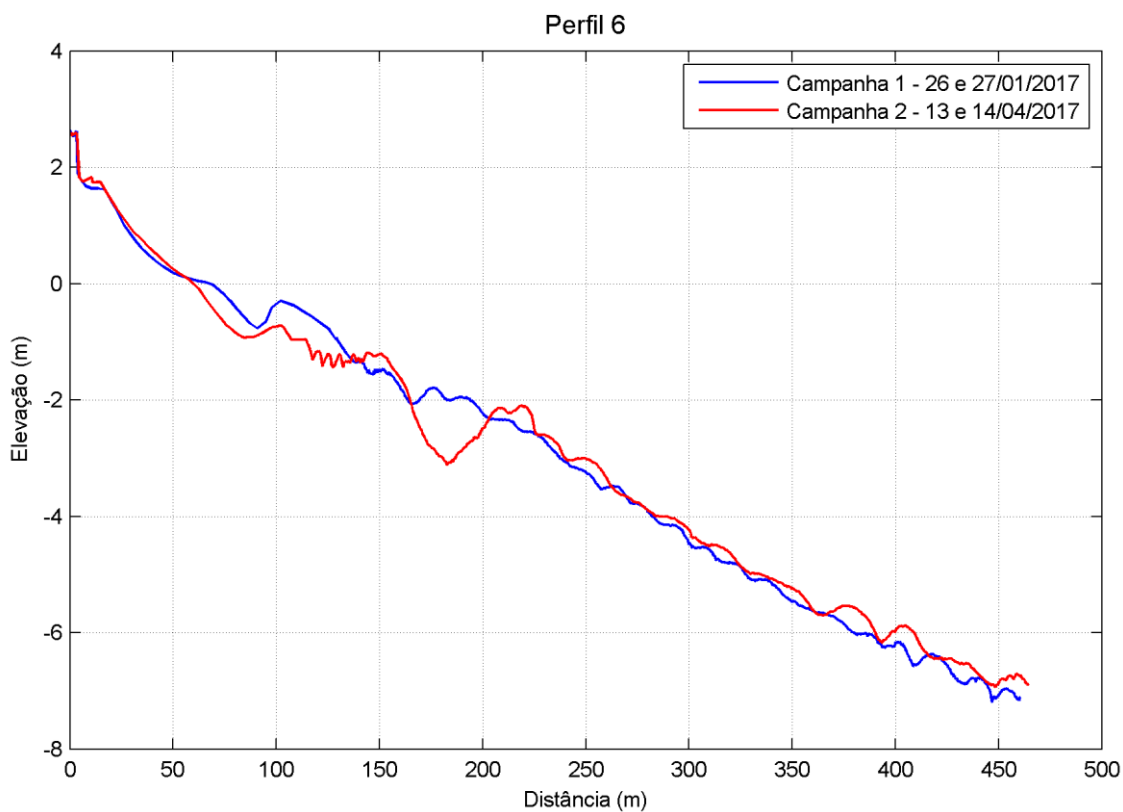


Figura 147. Comparação entre as campanhas 1 e 2 – Perfil 6.

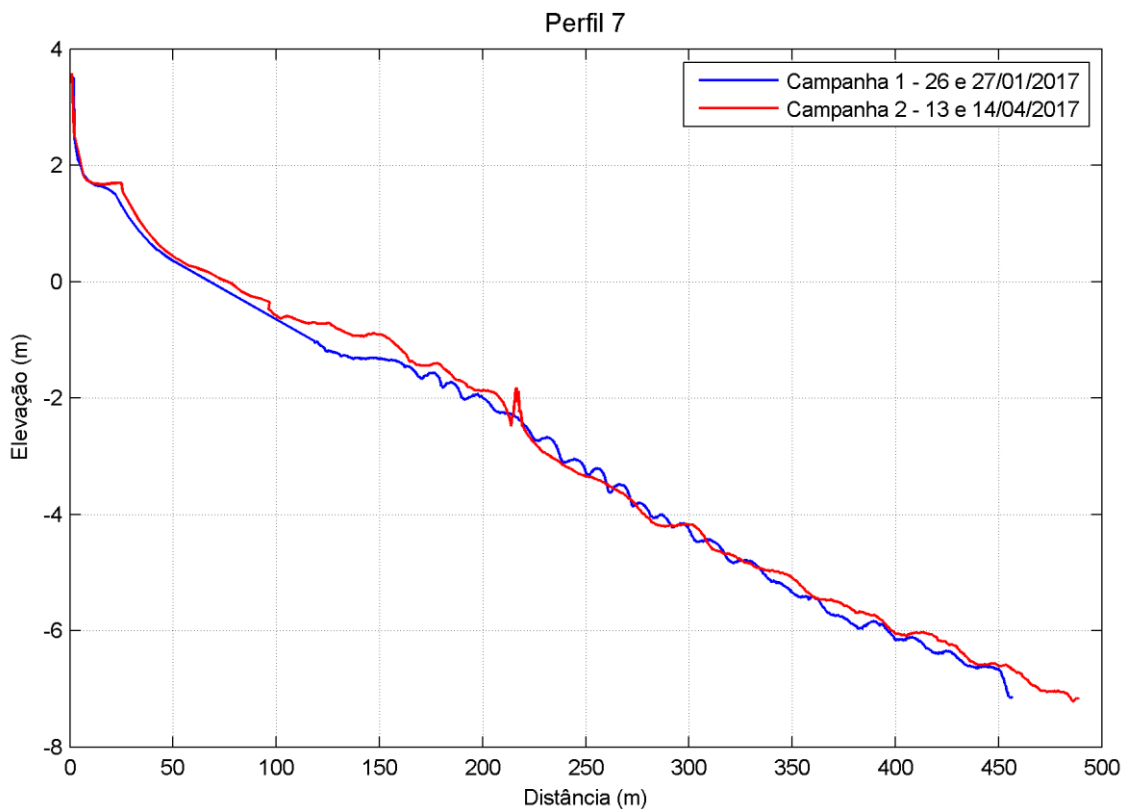


Figura 148. Comparação entre as campanhas 1 e 2 – Perfil 7.

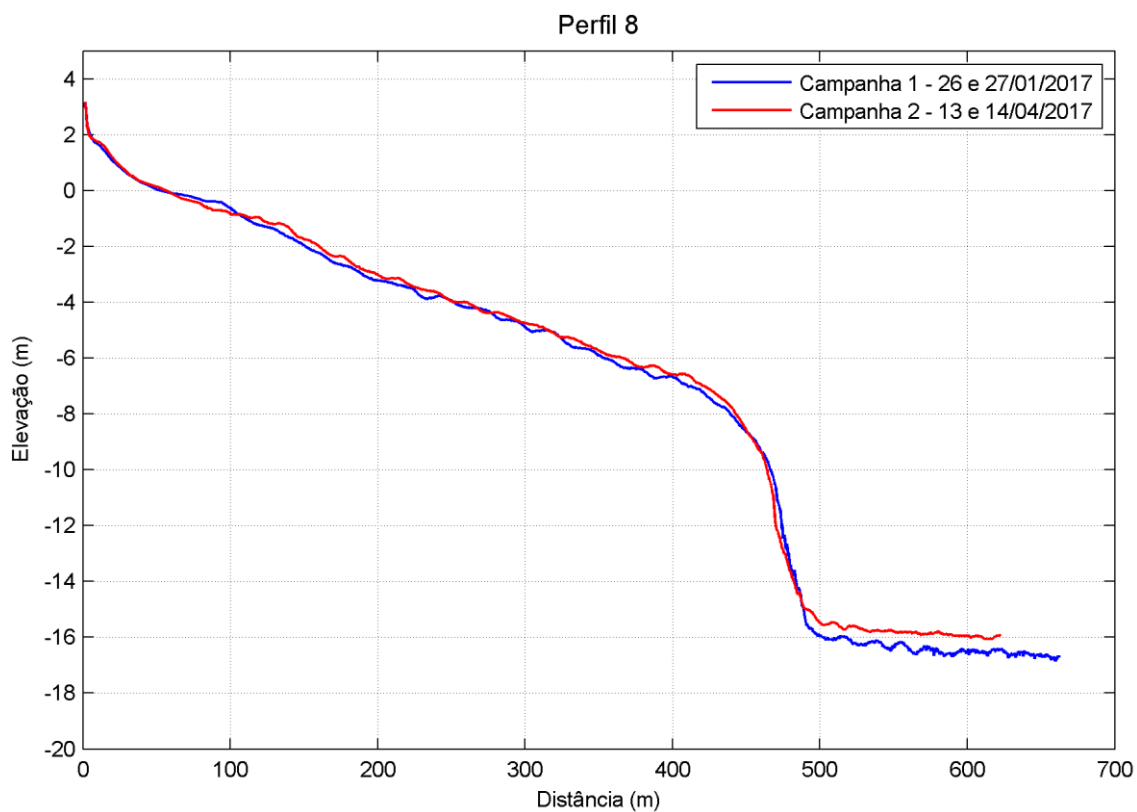


Figura 149. Comparação entre as campanhas 1 e 2 – Perfil 8.

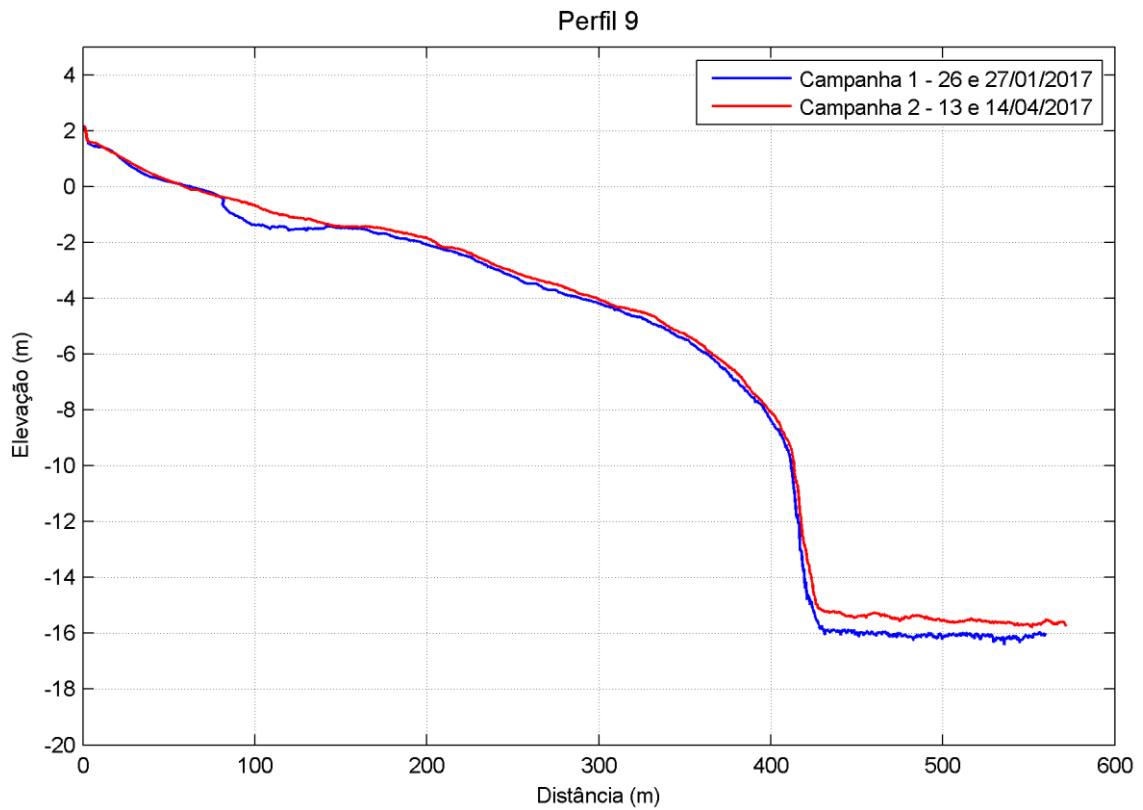


Figura 150. Comparação entre as campanhas 1 e 2 – Perfil 9.

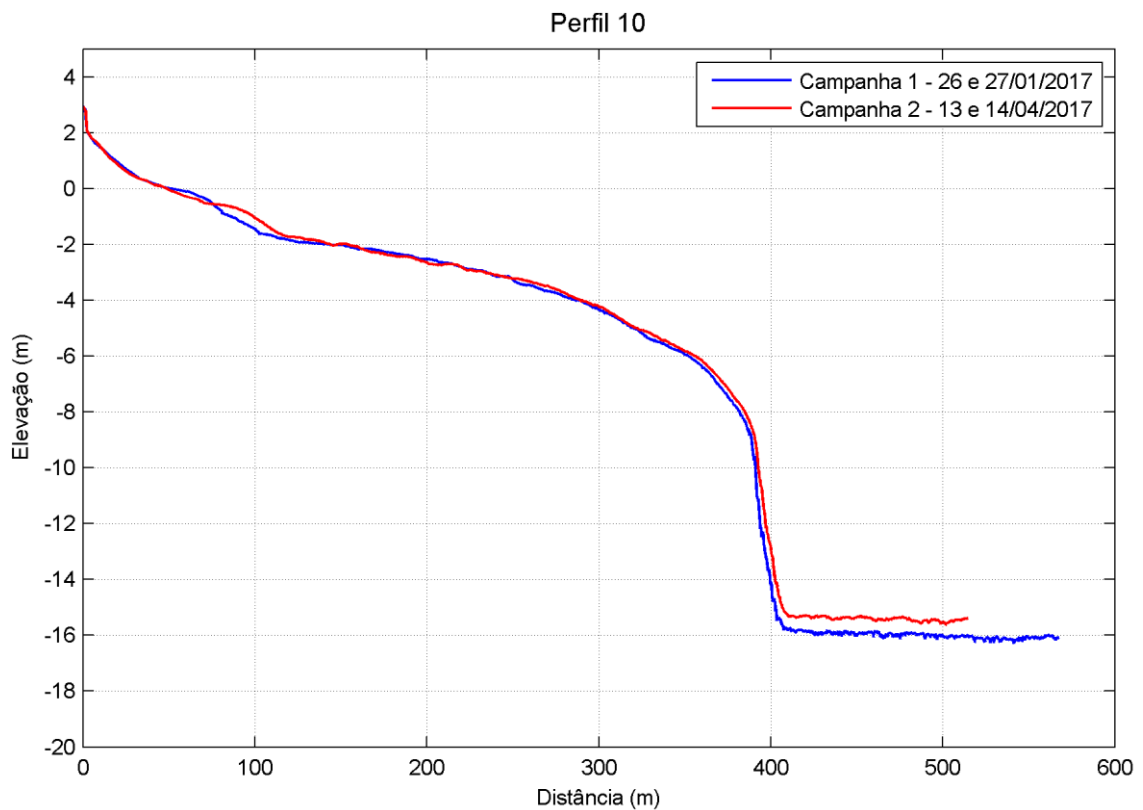


Figura 151. Comparação entre as campanhas 1 e 2 – Perfil 10.



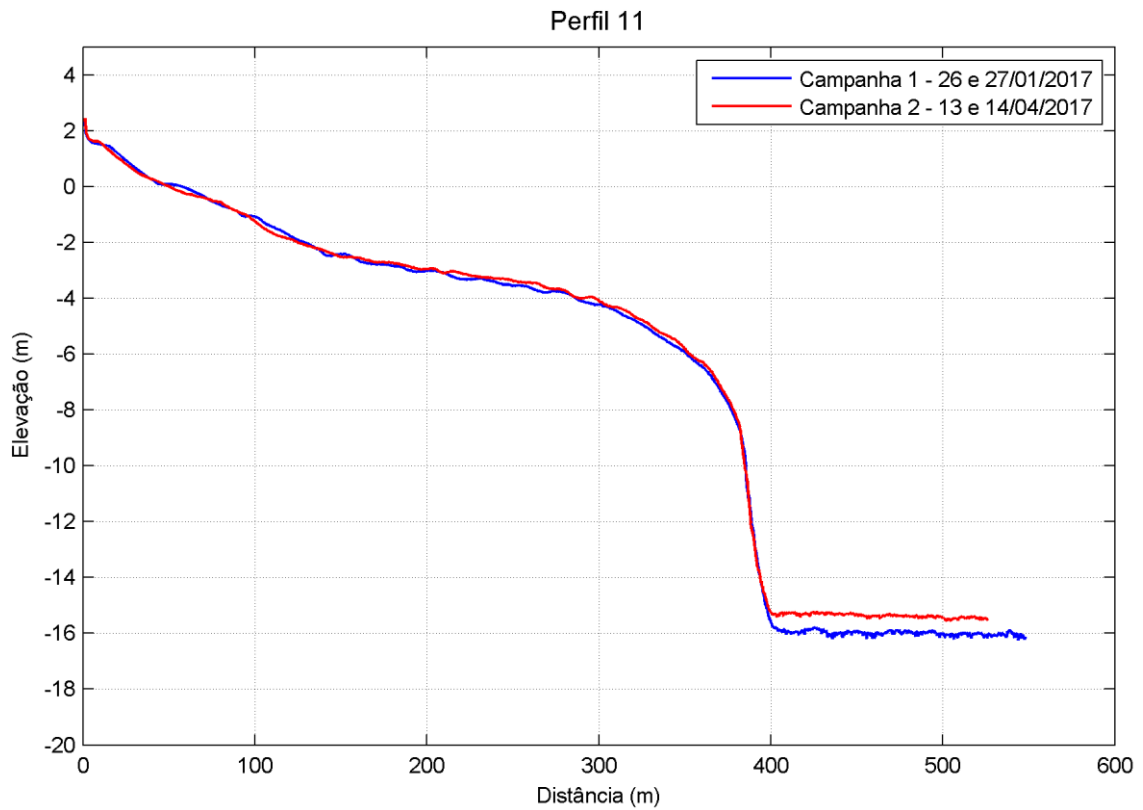


Figura 152. Comparação entre as campanhas 1 e 2 – Perfil 11.

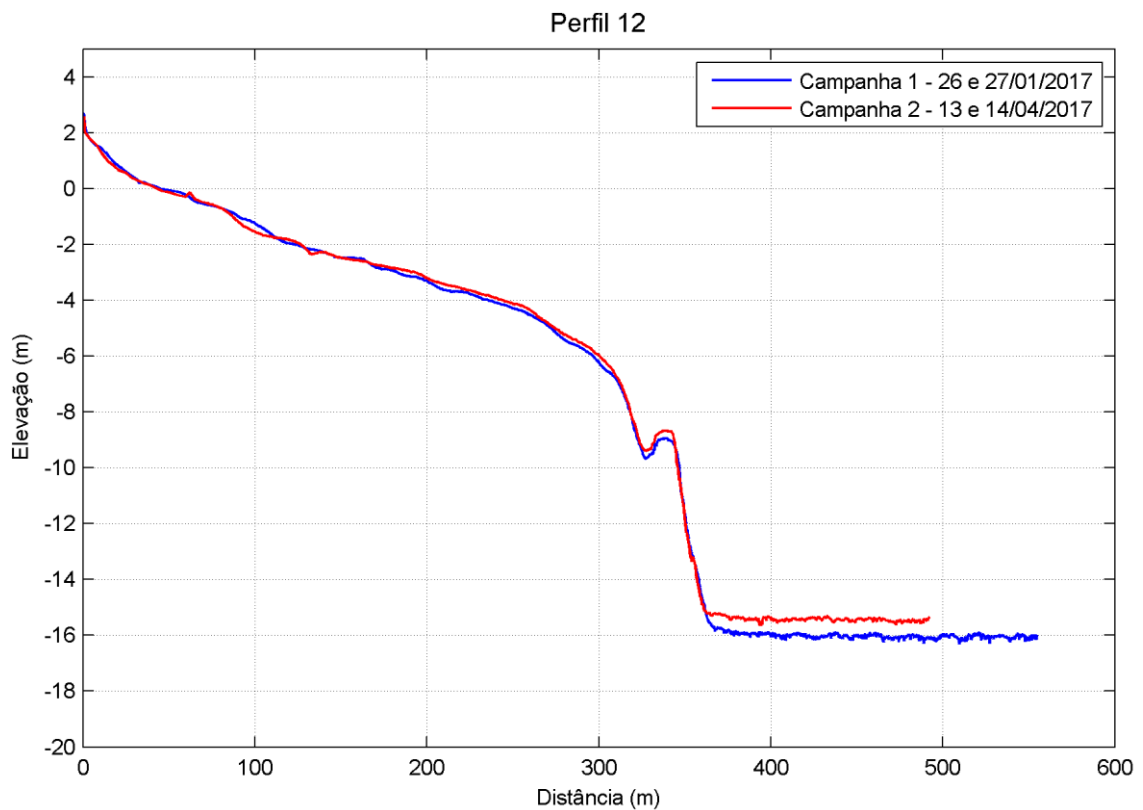


Figura 153. Comparação entre as campanhas 1 e 2 – Perfil 12.

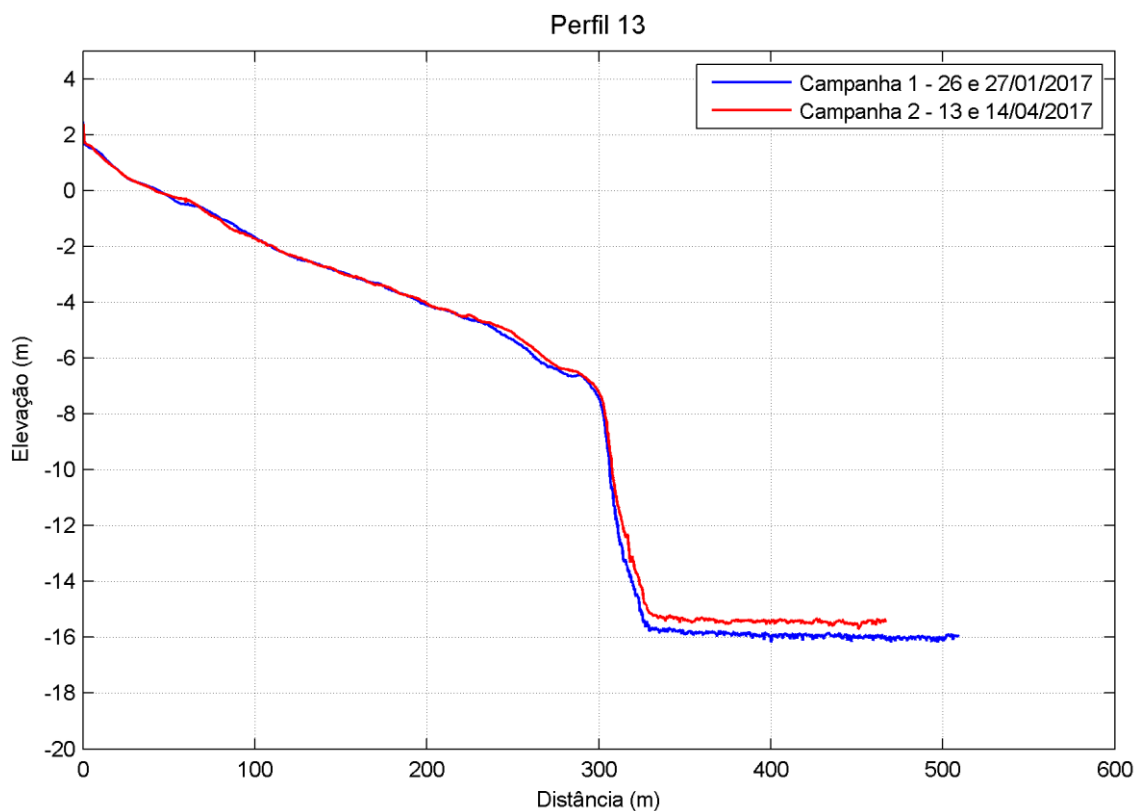


Figura 154. Comparação entre as campanhas 1 e 2 – Perfil 13.

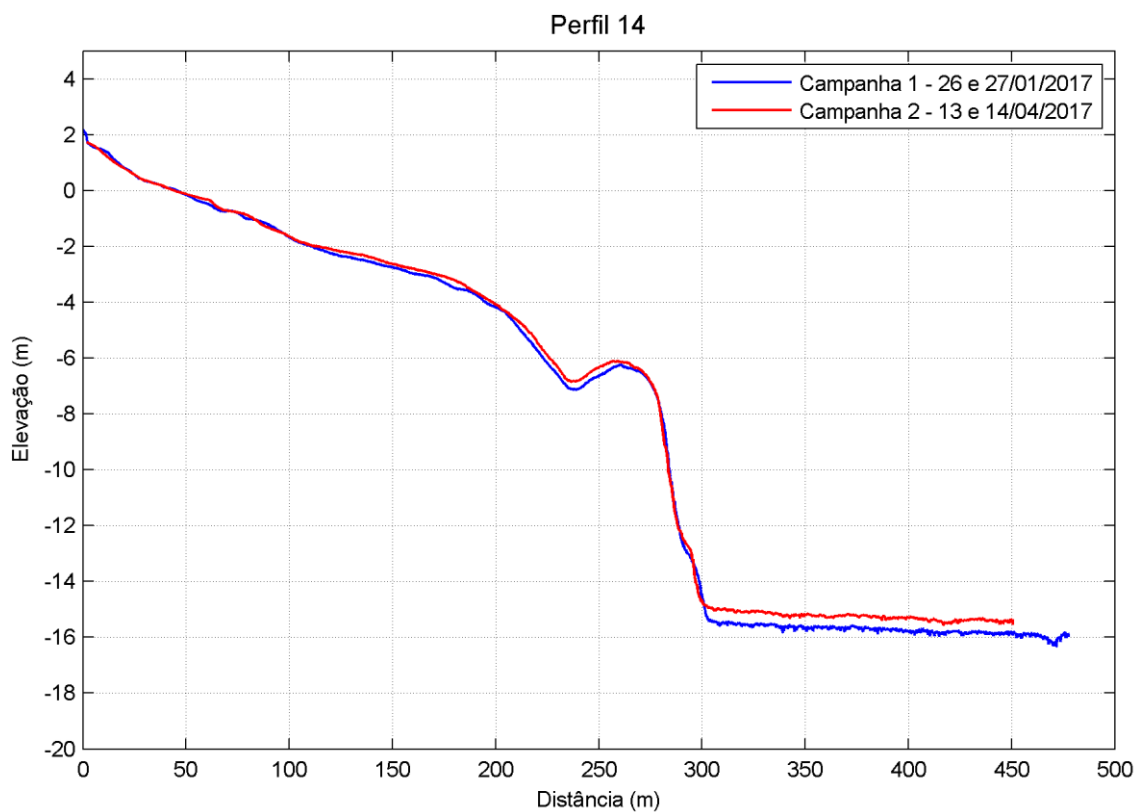


Figura 155. Comparação entre as campanhas 1 e 2 – Perfil 14.

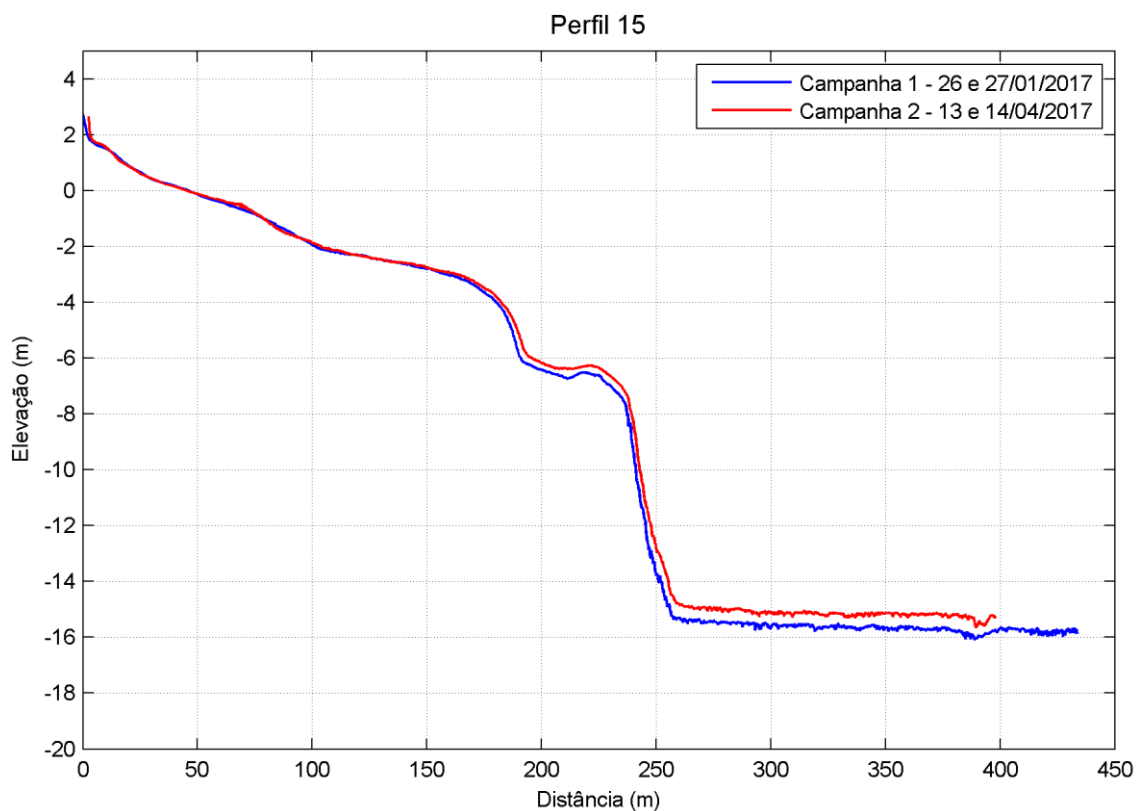


Figura 156. Comparação entre as campanhas 1 e 2 – Perfil 15.

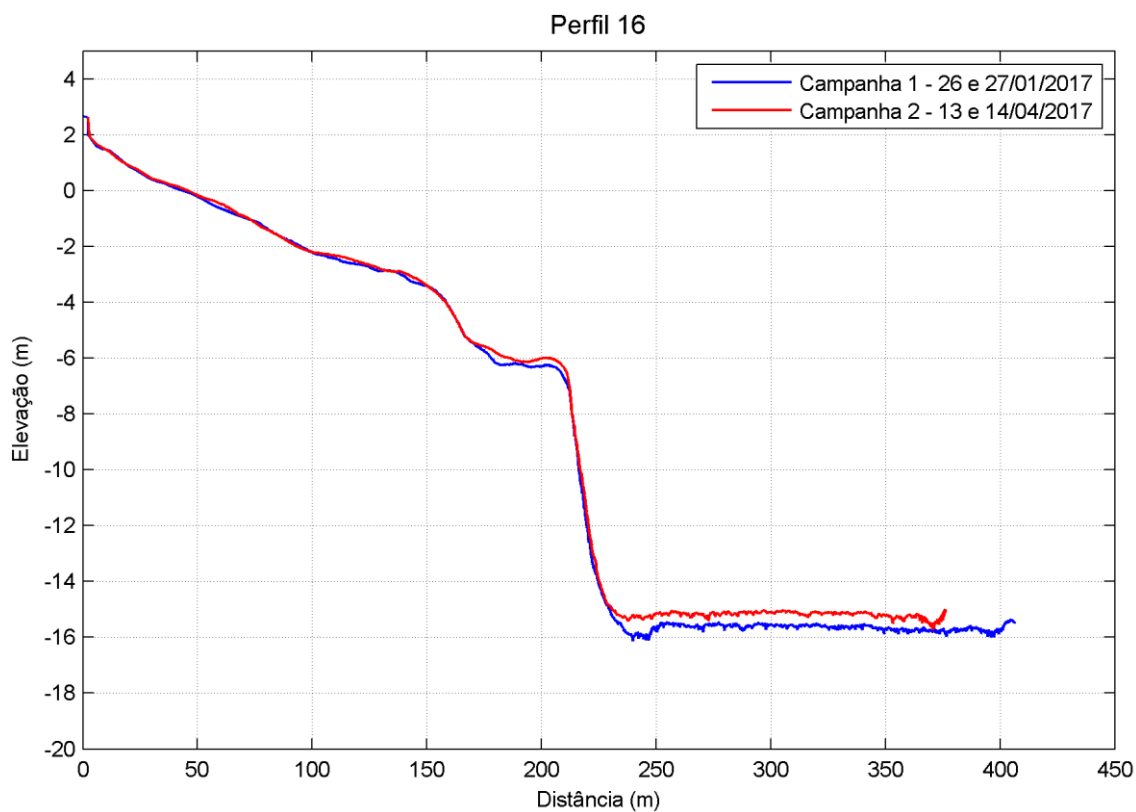


Figura 157. Comparação entre as campanhas 1 e 2 – Perfil 16.

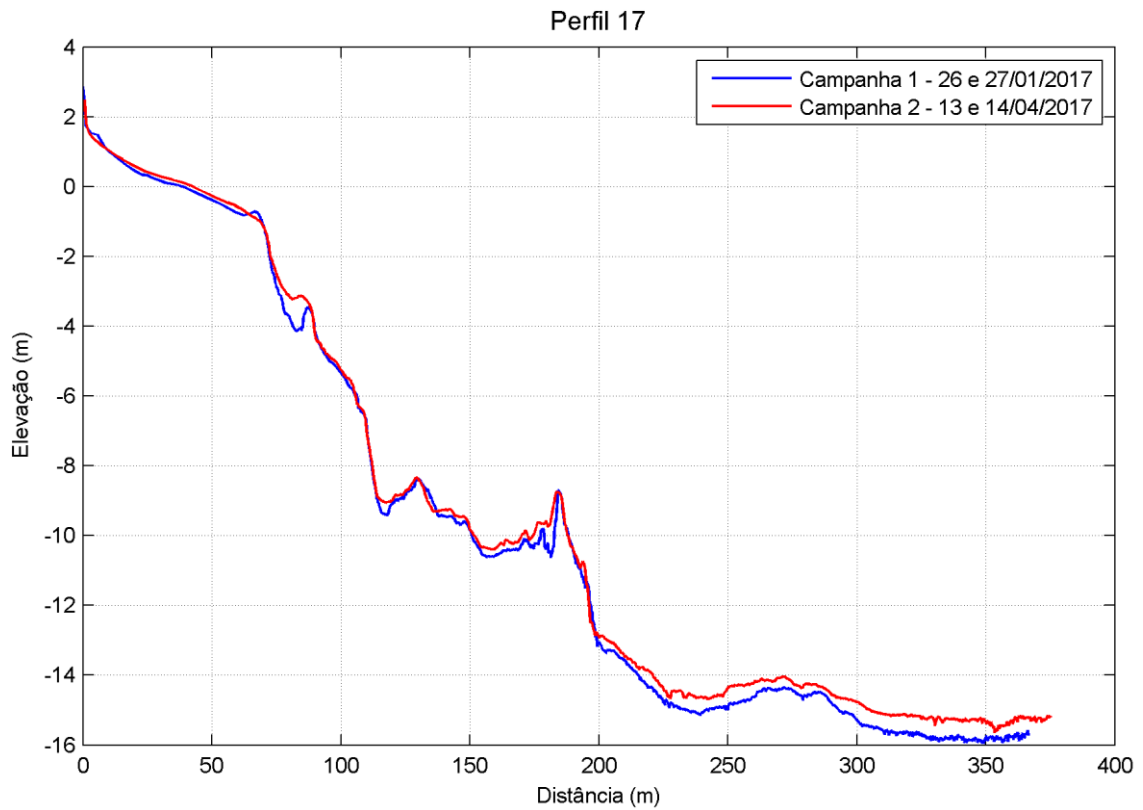


Figura 158. Comparação entre as campanhas 1 e 2 – Perfil 17.

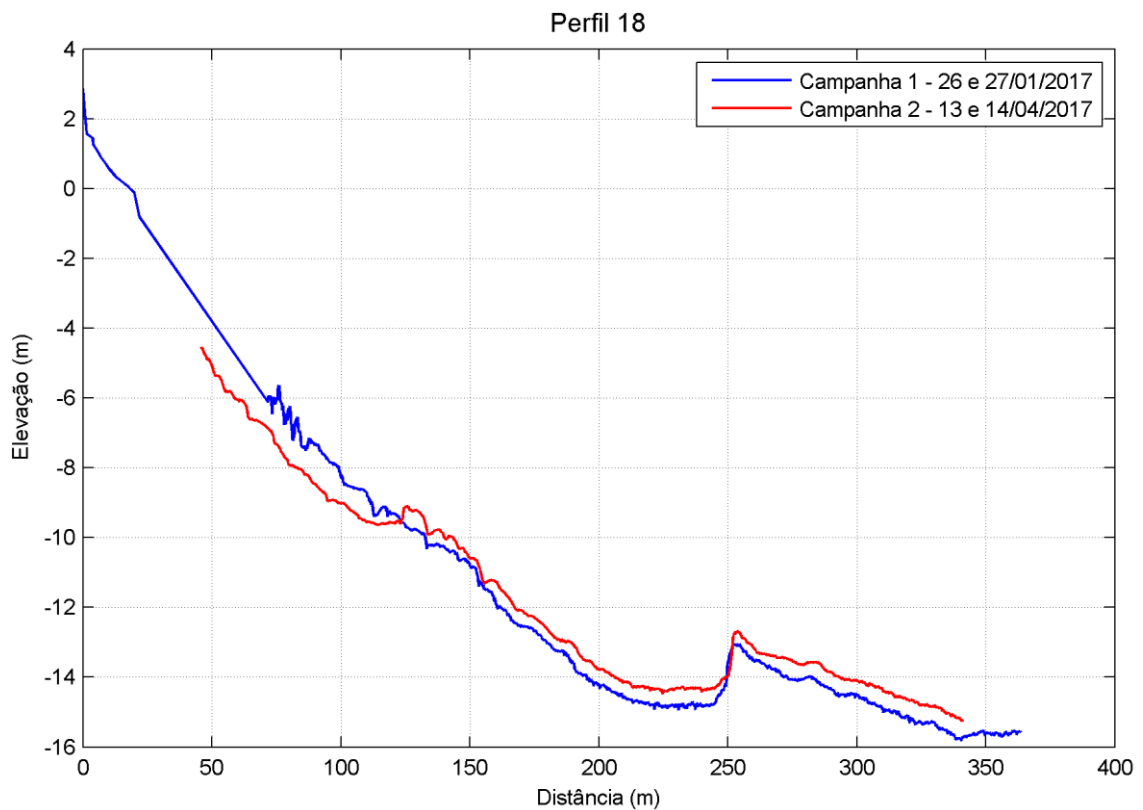


Figura 159. Comparação entre as campanhas 1 e 2 – Perfil 18.

### 3.2.1. CARACTERIZAÇÃO DOS SEDIMENTOS

A caracterização do material coletado foi realizada por meio de amostragens simples/pontuais e feita a partir da classificação granulométrica.

**Tabela 5. Classificação granulométrica dos sedimentos\*.**

CLASSIFICAÇÃO	Phi ( $\phi$ )**	(mm)
Seixo	-8 a -5	256 a 32
Grânulo	-5 a -1	32 a 2
Areia muito grossa	-1 a 0	2 a 1
Areia grossa	0 a 1	1 a 0,5
Areia média	1 a 2	0,5 a 0,25
Areia fina	2 a 3	0,25 a 0,125
Areia muito fina	3 a 4	0,125 a 0,062
Silte	4 a 8	0,062 a 0,00394
Argila	8 a 12	0,00394 a 0,0002

\*Referência: Escala Granulométrica de Wentworth, 1922.

\*\* Phi ( $\phi$ ) corresponde à unidade de medida do diâmetro da partícula do sedimento, cuja equivalência em milímetros (mm) é apresentada na coluna 3.

A análise granulométrica foi estabelecida segundo classificação proposta por Folk e Ward (1957), que consiste em uma escala logarítmica de classificação granulométrica (diâmetro maior) dos fragmentos de sedimentos clásticos (ou detríticos), dos mais finos para os mais grossos, criado em 1922 por C. K. Wentworth.

Entretanto, visando melhor leitura do mapa de resultados, algumas classes granulométricas foram unidas por conta de uma delas apresentar pouca expressividade nos resultados como um todo. Sendo assim, a classe granulométrica Areia Grossa pode ser resumida, somando-se as frações de Grânulos e Areia Muito Grossa. A classe Areia Fina englobou as frações Areia Fina e Areia Muito Fina. E por fim, a classe Finos representa o somatório das classes Silte e Argila. Portanto, a Tabela 6 apresenta a classificação expressa na mapa de resultados.

**Tabela 6. Classificação granulométrica dos sedimentos.**

CLASSIFICAÇÃO	Phi ( $\phi$ )**	(mm)
Grânulo	-4 a -1	16 a 2
Areia grossa	-1 a 1	2 a 0,5
Areia média	1 a 2	0,5 a 0,25
Areia fina	2 a 4	0,25 a 0,062
Finos	4 a 12	0,062 a 0,0002

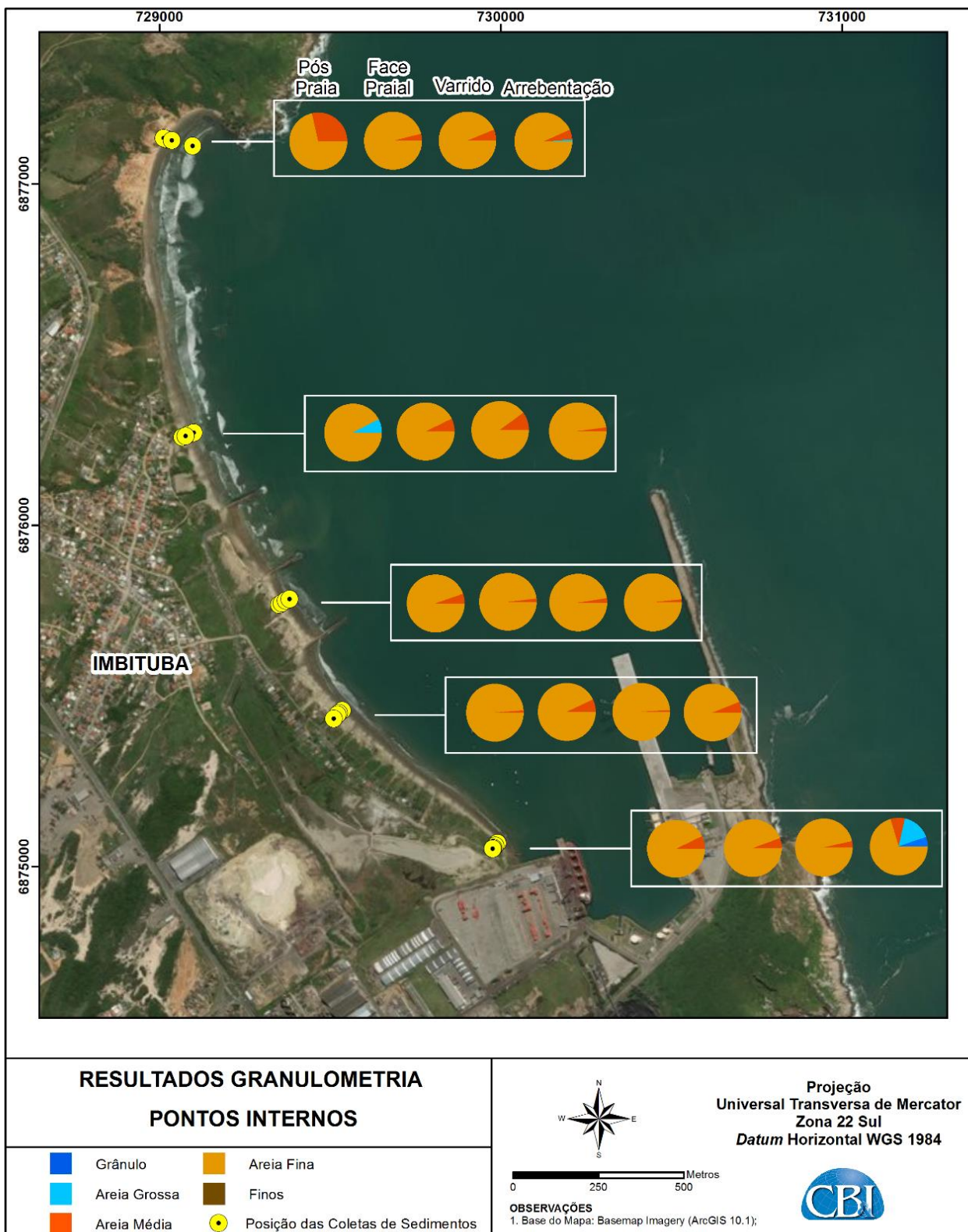


Figura 160. Frações da composição granulométrica das amostras coletadas na área interna aos molhes.



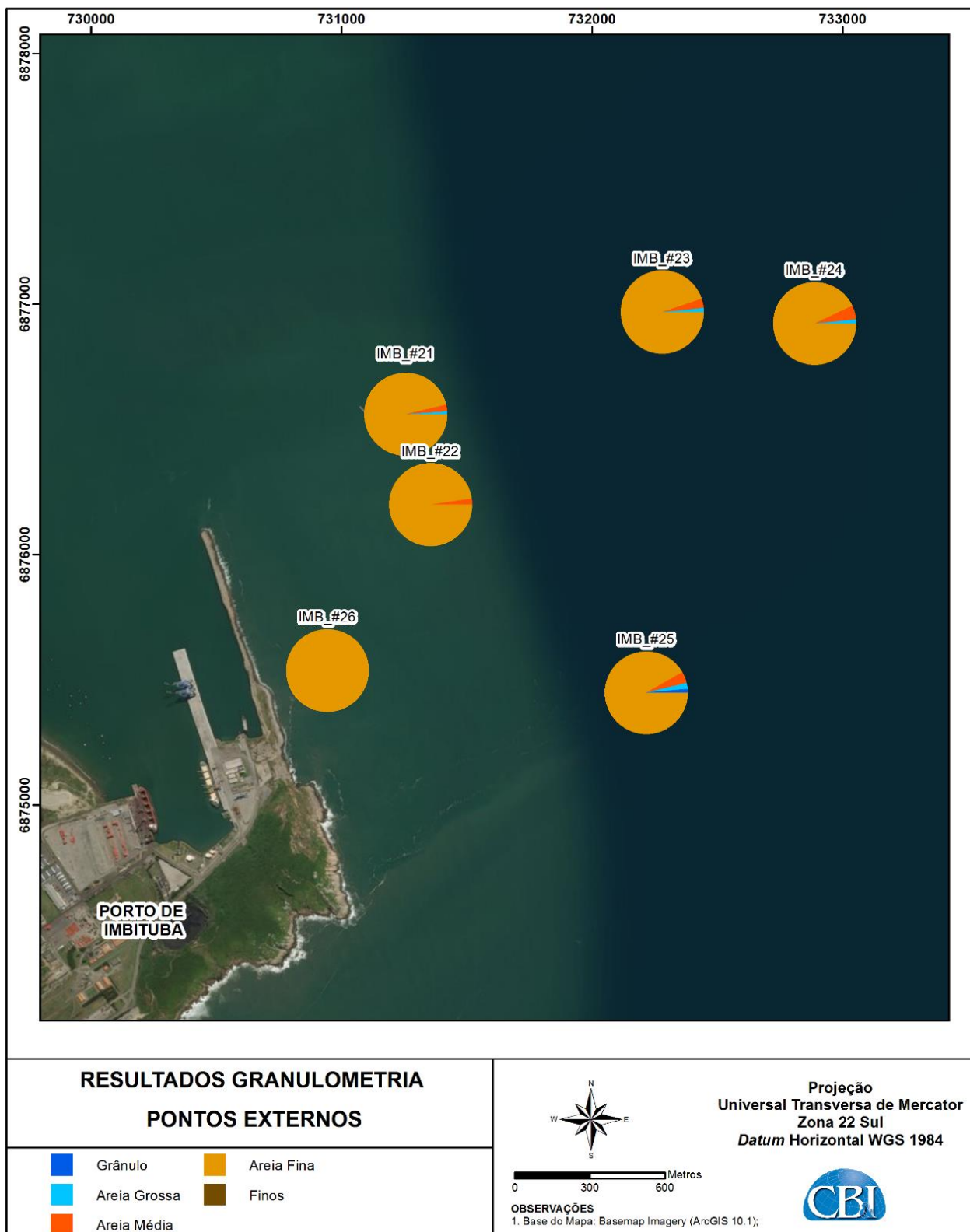


Figura 161. Frações da composição granulométrica das amostras coletadas na área externa aos molhes.

Através dos dados é possível observar que o material sedimentar que compõe o perfil da área de interesse possui predominância textural completamente arenosa. Embora exista uma fração mais fina de sedimentos presentes nas amostras, referentes às texturas de silte e argila, em nenhuma amostra a soma do percentual destes foi superior a 0,2%. A classe de finos teve

a menor contribuição na matriz sedimentar local, entretanto, ainda que em mínimas proporções, estão presentes em todas as amostras. Em contrapartida, a classe grânulos apareceu em apenas 5,38% das amostras coletadas, mas apresenta contribuições mais expressivas que a classe de finos, atingindo o valor máximo de 5,24%.

A análise de variância (ANOVA) é uma técnica estatística que permite avaliar afirmações sobre as médias de diferentes populações. A análise visa, fundamentalmente, verificar se existe uma diferença significativa entre as médias, considerando um determinado nível de confiança (em geral se utiliza 95%). Em outras palavras, a análise de variância é utilizada quando se quer decidir se as diferenças amostrais observadas são reais (causadas por diferenças significativas nas populações observadas) ou casuais (decorrentes da mera variabilidade amostral). Portanto, essa análise parte do pressuposto que o acaso só produz pequenos desvios, sendo as grandes diferenças geradas por causas reais (MILONE, 2009).

Foi verificado através da ANOVA que não houveram diferenças significativas entre os resultados obtidos nos diferentes perfis coletados junto à praia (1, 5, 8, 11 e 17) para cada uma das classes granulométricas. Ao se aplicar a mesma técnica estatística para comparar os resultados obtidos nas áreas com diferentes níveis de exposição à hidrodinâmica, interna aos molhes e externa aos molhes, também não foi verificada diferenças significativas entre estas, indicando que há uma distribuição homogênea através do espaço.

Existem dois pontos que se destacam ligeiramente em relação aos outros em relação à composição das classes granulométricas, o Pós Praia do perfil mais a norte da Praia do Porto que apresenta um fração mais expressiva de areia média, fato que pode estar ligado à composição do depósito eólico adjacente à mesma porção da praia. O outro ponto foi coletado na arrebentação do perfil mais ao sul da Praia do Porto, junto à estrutura do porto, fato que pode estar ligado às contribuições um pouco mais expressivas de classes com tamanhos de grãos maiores devido às atividades praticadas no local.

#### 4 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AML OCEANOGRAPHIC. *Minos x user manual*. Canada, 2011, 1 ed, 39 p.

CAMARGO, R.; HARARI, J. **Modelagem numérica de ressacas na plataforma sudeste do Brasil a partir de cartas sinóticas de pressão atmosférica na superfície**. Bolm Inst. Oceanogr., S Paulo, v. 42(1), p.19-34, 1994

HYPACK INC. **Hypack User Manual**. Usa, 2016

International Hydrographic Organization (IHO). **Iho Standards For Hydrographic Surveys. Special Publication N. 44**. 5.Ed. Principado De Mônaco: International Hydrographic Bureau, 2008.

LEMONS, C. F.; CALBET, N.O. **Sistemas frontais que atuaram no litoral do Brasil (período 1987-95)**. In: Climanálise Especial – Edição Comemorativa de 10 anos. MCT/INPE/CPTEC. Cap. 14. 1996.

MARINHA DO BRASIL. **Normas da autoridade marítima para levantamentos hidrográficos; NORMAM 25**, 2011.

PREFEITURA MUNICIPAL DE IMBITUBA. **Aspectos Ambientais**. Acesso Em: 15 de dezembro de 2014. Disponível Em: <http://www.imbituba.sc.gov.br/a-cidade/aspectos-ambientais>

RODRIGUES, M. L. G.; FRANCO, D.; SUGAHARA, S. **Climatologia de frentes frias no litoral de Santa Catarina**. Revista Brasileira de Geofísica, v. 22(2), p. 135-151, set. 2004.

TRIMBLE. **Trimble SPS 852 Modular GPS Receiver User Guide**. Ohio, Usa, 2010, 4.17 Ed, 2010, 36 P.

TRUCCOLO, E. C. & FRANCO, D. **Characterization and Prediction of the Meteorological Tides at São Francisco do Sul, SC**. Anais do XI Congresso Brasileiro de Meteorologia, Rio de Janeiro, 2752-2757. 2000.

SATYAMURTY P.; MATTOS L. F. **Climatological lower tropospheric frontogenesis in the midlatitudes due to horizontal deformation and divergence**. Mon. Wea. Rev., 117(6), 1355-1364. 1989.



# Anexo 1

(Plantas Batimétricas da Região)