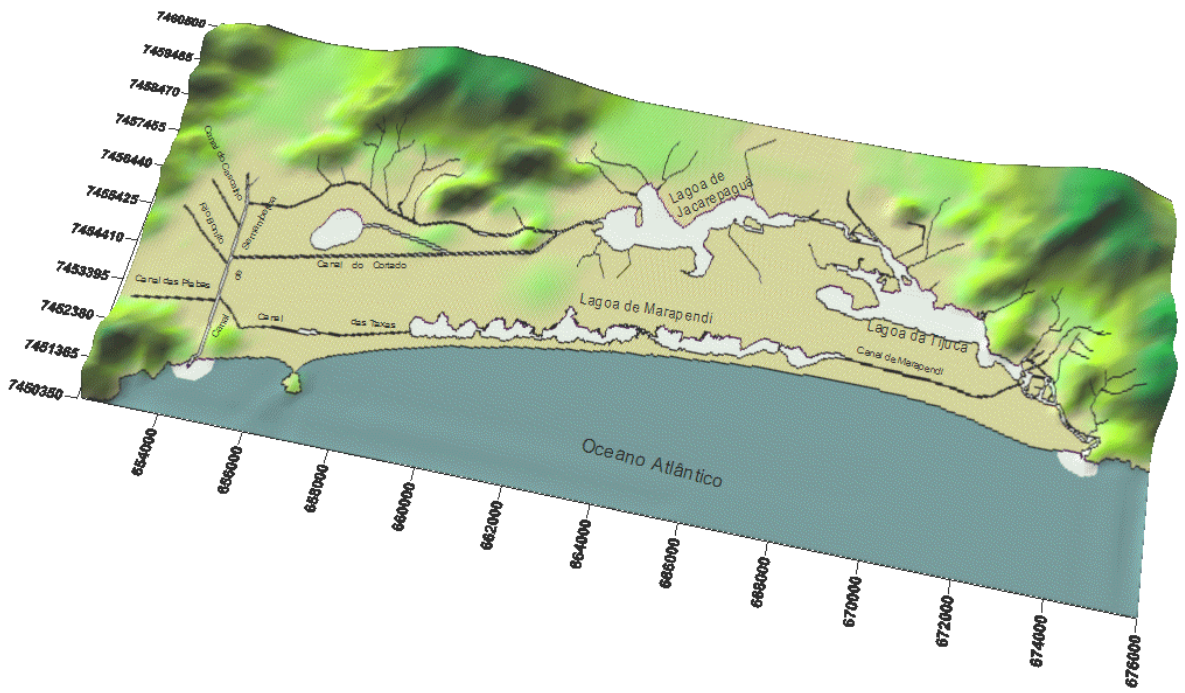
ESTUDO DE NÍVEIS DE ÁGUA NO SISTEMA DE DRENAGEM DE VARGEM GRANDE, SERNAMBETIBA E BACIA DA LAGOA DE JACAREPAGUÁ, RJ

RELATÓRIO FINAL



Bacia de Jacarepaguá e Sernambetiba com a Lagoa VC

Rio de Janeiro, Agosto de 2002

Conteúdo

1. Identificação 10
2. Objetivos 10
3. Sumário dos resultados 11
4. Premissas de modelagem 15
4.1. Relevância da modelagem computacional 15
4.2. Domínios de modelagem considerados 16
4.3. Dados básicos utilizados 19
4.3.1. Sobre dados para estudos futuros e calibração de modelos 21
5. Batimetria e discretização 22
5.1. Batimetria e discretização do arranjo A1 22
5.2. Batimetria e discretização do arranjo A2 23
5.3. Batimetria e discretização do arranjo A3 24
5.4. Batimetria e discretização do arranjo A4a 25
5.5. Batimetria e discretização do arranjo A4b 26
6. Resultados obtidos 27
6.1. Resultados para o arranjo A1 28
6.1.1. Mapas Ilustrativos para o arranjo A1 28
6.1.2. Gráficos de séries temporais – Arranjo A1 31
6.2. Resultados para o arranjo A2 38
6.2.1. Mapas Ilustrativos para o arranjo A2 38
6.2.2. Gráficos de séries temporais – Arranjo A2 41
6.3. Resultados para o arranjo A3 48
6.3.1. Mapas Ilustrativos para o arranjo A3 48
6.3.2. Gráficos de séries temporais – Arranjo A3 51
6.4. Resultados para o arranjo A4a 65
6.4.1. Mapas Ilustrativos para o arranjo A4a 65
6.4.2. Gráficos de séries temporais – Arranjo A4a 68
6.5. Resultados para o arranjo A4b 83
6.5.1. Mapas Ilustrativos para o arranjo A4b 83
6.5.2. Gráficos de séries temporais – Arranjo A4b 86
7. Resultados obtidos com arranjo A4b, e hidrogramas de cheia com T_R = 20 anos 102

7.1. Hidrogramas considerados 103
7.2. Arranjo A4b com cheia na preamar 103
7.3. Arranjo A4b com cheia na baixamar 111
8. Metodologia de modelagem 119
8.1. Atributos metodológicos do SisBAHIA® 120
8.2. Confiabilidade dos modelos 120
8.3. Exemplos de trabalhos realizados com o SisBAHIA® 121
9. Equipe técnica 123

Lista de Figuras

Figura 1. Arranjo hidráulico A4a: Situação projetada, com implantação da Lagoa VC e interligação do sistema lagunar de Jacarepaguá com o canal de Sernambetiba. Detalhes do padrão de correntes em situação de maré enchente na estampa acima e vazante na estampa abaixo. Evidencia-se a pouca circulação na Lagoa VC se esta for conectada ao sistema apenas pelo Canal do Urubu. 13

Figura 2. Arranjo hidráulico A4b: Situação projetada, com implantação da Lagoa VC e interligação do sistema lagunar de Jacarepaguá com o canal de Sernambetiba. Detalhes do padrão de correntes em situação de maré enchente na estampa acima e vazante na estampa abaixo. Evidencia-se a boa circulação na Lagoa VC se esta for conectada ao sistema através do Canal Cortado e Canal do Urubu. 14

Figura 3. Mapa com vista em perspectiva do complexo estuarino lagunar de Jacarepaguá e Sernambetiba, no qual pode-se ver a Lagoa projetada. A ilustração retrata o arranjo A4a. 16

Figura 4. Arranjo hidráulico A1: Situação atual do sistema lagunar de Jacarepaguá. Em branco o domínio incluído no Modelo A1. 17

Figura 5. Arranjo hidráulico A2: Situação projetada, incluindo a Lagoa VC no sistema lagunar de Jacarepaguá. Em branco o domínio incluído no Modelo A2. 17

Figura 6. Arranjo hidráulico A3: Situação projetada, interligando o sistema lagunar de Jacarepaguá com o canal de Sernambetiba. Em branco o domínio incluído no Modelo A3. 18

Figura 7. Arranjo hidráulico A4a: Situação projetada, com implantação da Lagoa VC e interligação do sistema lagunar de Jacarepaguá com o canal de Sernambetiba. Neste arranjo, a Lagoa VC tem apenas uma conexão pelo Canal do Urubu. Em branco o domínio incluído no Modelo A4a. 18

Figura 8. Arranjo hidráulico A4b: Situação projetada, com implantação da Lagoa VC e interligação do sistema lagunar de Jacarepaguá com o canal de Sernambetiba. Neste arranjo, a Lagoa VC tem duas conexões, uma pelo Canal do Urubu e outra pelo Canal do Cortado. Em branco o domínio incluído no Modelo A4b. 19

Figura 9. Para o arranjo hidráulico A1, a estampa superior mostra a batimetria considerada no modelo, referente ao Nível Médio do Mar (NMM). A estampa inferior apresenta a malha de elementos finitos implementada, com 470 elementos quadriláteros biquadráticos contendo 2535 nós, sendo 1200 internos, 1320 em fronteiras terrestres, 17 em fronteiras de mar. 22

Figura 10. Para o arranjo hidráulico A2, a estampa superior mostra a batimetria considerada no modelo, referente ao Nível Médio do Mar (NMM). A estampa inferior apresenta a malha de elementos finitos implementada, com 484 elementos quadriláteros biquadráticos contendo 2605 nós, sendo 1242 internos, 1348 em fronteiras terrestres, 17 em fronteiras de mar. 23

Figura 11. Para o arranjo hidráulico A3, a estampa superior mostra a batimetria considerada no modelo, referente ao Nível Médio do Mar (NMM). A estampa inferior apresenta a malha de elementos finitos implementada, com 528 elementos quadriláteros biquadráticos contendo 2859 nós, sendo 1336 internos, 1491 em fronteiras terrestres, 36 em fronteiras de mar. 24

Figura 12. Para o arranjo hidráulico A4a, a estampa superior mostra a batimetria considerada no modelo, referente ao Nível Médio do Mar (NMM). A estampa inferior apresenta a malha de elementos finitos implementada, com 542 elementos quadriláteros biquadráticos contendo 2929 nós, sendo 1378 internos, 1519 em fronteiras terrestres, 36 em fronteiras de mar. 25

Figura 13. Para o arranjo hidráulico A4b, a estampa superior mostra a batimetria considerada no modelo, referente ao Nível Médio do Mar (NMM). A estampa inferior apresenta a malha de elementos finitos implementada, com 553 elementos quadriláteros biquadráticos contendo 2976 nós, sendo 1417 internos, 1527 em fronteiras terrestres, 36 em fronteiras de mar. 26

Figura 14. Curvas de maré no mar impostas ao modelo para todos os casos. As curvas em todos os pontos de fronteira no mar têm as mesmas amplitudes mas são defasadas no tempo. Considerou-se para os pontos de fronteira no mar defronte ao Canal de Sernambetiba um atraso médio de aproximadamente 4 minutos em relação aos pontos defronte ao Canal de Joatinga. 27

Figura 15. Mapa de posicionamento das estações para o arranjo hidráulico A1. Nos pontos onde estão as estações foram gravados valores de níveis de água e correntes ao longo do tempo. 28

Figura 16. Arranjo A1: Mapa ilustrativo de variação de níveis de água em situação de preamar típica de sizígia na embocadura. 29

Figura 17. Arranjo A1: Mapas ilustrativos de padrão de correntes em instante de preamar típica de sizígia na embocadura. Estampa superior mostra setas indicativas da direção do escoamento e estampa inferior indica magnitude das velocidades. 29

Figura 18. Arranjo A1: Mapa ilustrativo de variação de níveis de água em situação de baixamar típica de sizígia na embocadura. 30

Figura 19. Arranjo A1: Mapas ilustrativos de padrão de correntes em instante de baixamar típica de sizígia na embocadura. Estampa superior mostra setas indicativas da direção do escoamento e estampa inferior indica magnitude das velocidades. 30

Figura 20. Arranjo A1: séries temporais de valores de elevação de nível de água e módulo da velocidade de correntes nas estações da Lagoa da Tijuca e da Lagoa de Jacarepaguá. 32

Figura 21. Arranjo A1: séries temporais de valores de elevação de nível de água e módulo da velocidade de correntes nas estações do Canal Cortado Leste e Oeste. 33

Figura 22. Arranjo A1: séries temporais de valores de elevação de nível de água e módulo da velocidade de correntes nas estações do Canal do Portelo e do Rio Marinho. 34

Figura 23. Arranjo A1: séries temporais de valores de elevação de nível de água e módulo da velocidade de correntes na estação do Canal do Urubu. 35

Figura 24. Arranjo A1: séries temporais de valores de elevação de nível de água e módulo da velocidade de correntes na estação da Lagoa de Marapendi. 36

Figura 25. Arranjo A1: séries temporais de valores de elevação de nível de água e módulo da velocidade de correntes nas estações do Canal das Taxas Leste e Oeste. 37

Figura 26. Mapa de posicionamento das estações para o arranjo hidráulico A2. Nos pontos onde estão as estações foram gravados valores de níveis de água e correntes ao longo do tempo. 38

Figura 27. Arranjo A2: Mapa ilustrativo de variação de níveis de água em situação de preamar típica de sizígia na embocadura. 39

Figura 28. Arranjo A2: Mapas ilustrativos de padrão de correntes em instante de preamar típica de sizígia na embocadura. Estampa superior mostra setas indicativas da direção do escoamento e estampa inferior indica magnitude das velocidades. 39

Figura 29. Arranjo A2: Mapa ilustrativo de variação de níveis de água em situação de baixamar típica de sizígia na embocadura. 40

Figura 30. Arranjo A2: Mapas ilustrativos de padrão de correntes em instante de baixamar típica de sizígia na embocadura. Estampa superior mostra setas indicativas da direção do escoamento e estampa inferior indica magnitude das velocidades. 40

Figura 31. Arranjo A2: séries temporais de valores de elevação de nível de água e módulo da velocidade de correntes nas estações da Lagoa da Tijuca e da Lagoa de Jacarepaguá. 42

Figura 32. Arranjo A2: séries temporais de valores de elevação de nível de água e módulo da velocidade de correntes nas estações do Canal Cortado Leste e Oeste. 43

Figura 33. Arranjo A2: séries temporais de valores de elevação de nível de água e módulo da velocidade de correntes nas estações do Canal do Portelo e do Rio Marinho. 44

Figura 34. Arranjo A2: séries temporais de valores de elevação de nível de água e módulo da velocidade de correntes nas estações do Canal do Urubu e da Lagoa VC. 45

Figura 35. Arranjo A2: séries temporais de valores de elevação de nível de água e módulo da velocidade de correntes na estação da Lagoa de Marapendi. 46

Figura 36. Arranjo A2: séries temporais de valores de elevação de nível de água e módulo da velocidade de correntes nas estações do Canal das Taxas Leste e Oeste. 47

Figura 37. Mapa de posicionamento das estações para o arranjo hidráulico A3. Nos pontos onde estão as estações foram gravados valores de níveis de água e correntes ao longo do tempo. 48

Figura 38. Arranjo A3: Mapa ilustrativo de variação de níveis de água em situação de preamar típica de sizígia na embocadura. 49

Figura 39. Arranjo A3: Mapas ilustrativos de padrão de correntes em instante de preamar típica de sizígia na embocadura. Estampa superior mostra setas indicativas da direção do escoamento e estampa inferior indica magnitude das velocidades. 49

Figura 40. Arranjo A3: Mapa ilustrativo de variação de níveis de água em situação de baixamar típica de sizígia na embocadura. 50

Figura 41. Arranjo A3: Mapas ilustrativos de padrão de correntes em instante de baixamar típica de sizígia na embocadura. Estampa superior mostra setas indicativas da direção do escoamento e estampa inferior indica magnitude das velocidades. 50

Figura 42. Arranjo A3: séries temporais de valores de elevação de nível de água nas estações da Lagoa da Tijuca e da Lagoa de Jacarepaguá. 53

Figura 43. Arranjo A3: séries temporais de valores de módulo da velocidade de correntes nas estações da Lagoa da Tijuca e da Lagoa de Jacarepaguá. 54

Figura 44. Arranjo A3: séries temporais de valores de elevação de nível de água nas estações do Canal Cortado Leste e Oeste. 55

Figura 45. Arranjo A3: séries temporais de valores de módulo da velocidade de correntes nas estações do Canal Cortado Leste e Oeste. 56

Figura 46. Arranjo A3: séries temporais de valores de elevação de nível de água nas estações do Canal do Portelo e do Rio Marinho. 57

Figura 47. Arranjo A3: séries temporais de valores de módulo da velocidade de correntes nas estações do Canal do Portelo e do Rio Marinho. 58

Figura 48. Arranjo A3: séries temporais de valores de elevação de nível de água e módulo da velocidade de correntes na estação do Canal do Urubu. 59

Figura 49. Arranjo A3: séries temporais de valores de elevação de nível de água e módulo da velocidade de correntes na estação da Lagoa de Marapendi. 60

Figura 50. Arranjo A3: séries temporais de valores de elevação de nível de água nas estações do Canal das Taxas Leste e Oeste. 61

Figura 51. Arranjo A3: séries temporais de valores de módulo da velocidade de correntes nas estações do Canal das Taxas Leste e Oeste. 62

Figura 52. Arranjo A3: séries temporais de valores de elevação de nível de água nas estações do meio e do fim do Canal de Sernambetiba. 63

Figura 53. Arranjo A3: séries temporais de valores de módulo da velocidade de correntes nas estações do meio e do fim do Canal de Sernambetiba. 64

Figura 54. Mapa de posicionamento das estações para o arranjo hidráulico A4a. Nos pontos onde estão as estações foram gravados valores de níveis de água e correntes ao longo do tempo. 65

Figura 55. Arranjo A4a: Mapa ilustrativo de variação de níveis de água em situação de preamar típica de sizígia na embocadura. 66

Figura 56. Arranjo A4a: Mapas ilustrativos de padrão de correntes em instante de preamar típica de sizígia na embocadura. Estampa superior mostra setas indicativas da direção do escoamento e estampa inferior indica magnitude das velocidades. 66

Figura 57. Arranjo A4a: Mapa ilustrativo de variação de níveis de água em situação de baixamar típica de sizígia na embocadura. 67

Figura 58. Arranjo A4a: Mapas ilustrativos de padrão de correntes em instante de baixamar típica de sizígia na embocadura. Estampa superior mostra setas indicativas da direção do escoamento e estampa inferior indica magnitude das velocidades. 67

Figura 59. Arranjo A4a: séries temporais de valores de elevação de nível de água nas estações da Lagoa da Tijuca e da Lagoa de Jacarepaguá. 70

Figura 60. Arranjo A4a: séries temporais de valores de módulo da velocidade de correntes nas estações da Lagoa da Tijuca e da Lagoa de Jacarepaguá. 71

Figura 61. Arranjo A4a: séries temporais de valores de elevação de nível de água nas estações do Canal Cortado Leste e Oeste. 72

Figura 62. Arranjo A4a: séries temporais de valores de módulo da velocidade de correntes nas estações do Canal Cortado Leste e Oeste. 73

Figura 63. Arranjo A4a: séries temporais de valores de elevação de nível de água nas estações do Canal do Portelo e do Rio Marinho. 74

Figura 64. Arranjo A4a: séries temporais de valores de módulo da velocidade de correntes nas estações do Canal do Portelo e do Rio Marinho. 75

Figura 65. Arranjo A4a: séries temporais de valores de elevação de nível de água nas estações do Canal do Urubu e do Lago. 76

Figura 66. Arranjo A4a: séries temporais de valores de módulo da velocidade de correntes nas estações do Canal do Urubu e da Lagoa VC. 77

Figura 67. Arranjo A4a: séries temporais de valores de elevação de nível de água e módulo da velocidade de correntes na estação da Lagoa de Marapendi. 78

Figura 68. Arranjo A4a: séries temporais de valores de elevação de nível de água nas estações do Canal das Taxas Leste e Oeste. 79

Figura 69. Arranjo A4a: séries temporais de valores de módulo da velocidade de correntes nas estações do Canal das Taxas Leste e Oeste. 80

Figura 70. Arranjo A4a: séries temporais de valores de elevação de nível de água nas estações do meio e do fim do Canal de Sernambetiba. 81

Figura 71. Arranjo A4a: séries temporais de valores de módulo de velocidade nas estações do meio e do fim do Canal de Sernambetiba 82

Figura 72. Mapa de posicionamento das estações para o arranjo hidráulico A4b. Nos pontos onde estão as estações foram gravados valores de níveis de água e correntes ao longo do tempo. 83

Figura 73. Arranjo A4b: Mapa ilustrativo de variação de níveis de água em situação de preamar típica de sizígia na embocadura. 84

Figura 74. Arranjo A4b: Mapas ilustrativos de padrão de correntes em instante de preamar típica de sizígia na embocadura. Estampa superior mostra setas indicativas da direção do escoamento e estampa inferior indica magnitude das velocidades. 84

Figura 75. Arranjo A4b: Mapa ilustrativo de variação de níveis de água em situação de baixamar típica de sizígia na embocadura. 85

Figura 76. Arranjo A4b: Mapas ilustrativos de padrão de correntes em instante de baixamar típica de sizígia na embocadura. Estampa superior mostra setas indicativas da direção do escoamento e estampa inferior indica magnitude das velocidades. 85

Figura 77. Arranjo A4b: séries temporais de valores de elevação de nível de água nas estações da Lagoa da Tijuca e da Lagoa de Jacarepaguá. 89

Figura 78. Arranjo A4b: séries temporais de valores de módulo da velocidade de correntes nas estações da Lagoa da Tijuca e da Lagoa de Jacarepaguá. 90

Figura 79. Arranjo A4b: séries temporais de valores de elevação de nível de água nas estações do Canal Cortado Leste e Oeste. 91

Figura 80. Arranjo A4b: séries temporais de valores de módulo da velocidade de correntes nas estações do Canal Cortado Leste e Oeste. 92

Figura 81. Arranjo A4b: séries temporais de valores de elevação de nível de água nas estações do Canal do Portelo e do Rio Marinho. 93

Figura 82. Arranjo A4b: séries temporais de valores de módulo de velocidade nas estações do Canal do Portelo e do Rio Marinho. 94

Figura 83. Arranjo A4b: séries temporais de valores de elevação de nível de água nas estações do Canal do Urubu e do Lago. 95

Figura 84. Arranjo A4b: séries temporais de valores de módulo da velocidade de correntes nas estações do Canal do Urubu e da Lagoa VC. 96

Figura 85. Arranjo A4b: séries temporais de valores de elevação de nível de água e módulo da velocidade de correntes na estação da Lagoa de Marapendi. 97

Figura 86. Arranjo A4b: séries temporais de valores de elevação de nível de água nas estações do Canal das Taxas Leste e Oeste. 98

Figura 87. Arranjo A4b: séries temporais de valores de módulo de velocidade nas estações do Canal das Taxas Leste e Oeste. 99

Figura 88. Arranjo A4b: séries temporais de valores de elevação de nível de água nas estações do meio e do fim do Canal de Sernambetiba. 100

Figura 89. Arranjo A4b: séries temporais de valores de módulo de velocidade nas estações do meio e do fim do Canal de Sernambetiba 101

Figura 90. Hidrogramas de vazões com T_R = 20 anos para os rios da bacia do Canal de Sernambetiba. Os valores de base são as vazões médias apresentadas na Tabela 4. 103

Figura 91. Arranjo A4b-Cheia Preamar: séries temporais de valores de elevação de nível de água e módulo de velocidade nas estações da Lagoa da Tijuca e da Lagoa de Jacarepaguá. O pico de vazões passa por estas estações entre as horas 333 e 339, e não é facilmente visível. 104

Figura 92. Arranjo A4b- Cheia Preamar: séries temporais de valores de elevação de nível de água e módulo de velocidade nas estações do Canal Cortado Leste e Oeste. O pico de vazões passa por estas estações entre as horas 333 e 339, sendo facilmente visível. 105

Figura 93. Arranjo A4b- Cheia Preamar: séries temporais de valores de elevação de nível de água e módulo de velocidade nas estações do Canal do Portelo e do Rio Marinho. O pico de vazões passa por estas estações entre as horas 333 e 339, sendo facilmente visível. 106

Figura 94. Arranjo A4b- Cheia Preamar: séries temporais de valores de elevação de nível de água e módulo de velocidade nas estações do Canal do Urubu e do Lago. O pico de vazões passa por estas estações entre as horas 333 e 339, sendo visível. 107

Figura 95. Arranjo A4b- Cheia Preamar: séries temporais de valores de elevação de nível de água e módulo da velocidade de correntes na estação da Lagoa de Marapendi. O pico de vazões passa por estas estações entre as horas 333 e 339, e não é facilmente visível. 108

Figura 96. Arranjo A4b- Cheia Preamar: séries temporais de valores de elevação de nível de água e módulo de velocidade nas estações do Canal das Taxas Leste e Oeste. O pico de vazões passa por estas estações entre as horas 333 e 339, sendo visível. 109

Figura 97. Arranjo A4b- Cheia Preamar: séries temporais de valores de elevação de nível de água e módulo de velocidade nas estações do meio e do fim do Canal de Sernambetiba. O pico de vazões passa por estas estações entre as horas 333 e 339, sendo facilmente visível. 110

Figura 98. Arranjo A4b-Cheia Baixamar: séries temporais de valores de elevação de nível de água e módulo de velocidade nas estações da Lagoa da Tijuca e da Lagoa de Jacarepaguá. O pico de vazões passa por estas estações entre as horas 340 e 345, e não é facilmente visível. 112

Figura 99. Arranjo A4b- Cheia Baixamar: séries temporais de valores de elevação de nível de água e módulo de velocidade nas estações do Canal Cortado Leste e Oeste. O pico de vazões passa por estas estações entre as horas 340 e 345, sendo facilmente visível.....113

Figura 100. Arranjo A4b- Cheia Baixamar: séries temporais de valores de elevação de nível de água e módulo de velocidade nas estações do Canal do Portelo e do Rio Marinho. O pico de vazões passa por estas estações entre as horas 340 e 345, sendo facilmente visível.....114

Figura 101. Arranjo A4b- Cheia Baixamar: séries temporais de valores de elevação de nível de água e módulo de velocidade nas estações do Canal do Urubu e do Lago. O pico de vazões passa por estas estações entre as horas 340 e 345, e não é facilmente visível.....115

Figura 102. Arranjo A4b- Cheia Baixamar: séries temporais de valores de elevação de nível de água e módulo da velocidade de correntes na estação da Lagoa de Marapendi. O pico de vazões passa por estas estações entre as horas 340 e 345, e não é facilmente visível. 116

Figura 103. Arranjo A4b- Cheia Baixamar: séries temporais de valores de elevação de nível de água e módulo de velocidade nas estações do Canal das Taxas Leste e Oeste. O pico de vazões passa por estas estações entre as horas 340 e 345, sendo visível. 117

Figura 104. Arranjo A4b- Cheia Baixamar: séries temporais de valores de elevação de nível de água e módulo de velocidade nas estações do meio e do fim do Canal de Sernambetiba. O pico de vazões passa por estas estações entre as horas 340 e 345, sendo facilmente visível. 118

1. Identificação

Proposta COPPETEC:	**PENO-3393**
Título:	**ESTUDO DE NÍVEIS DE ÁGUA NO SISTEMA DE DRENAGEM DE VARGEM GRANDE, SERNAMBETIBA E BACIA DA LAGOA DE JACAREPAGUÁ, RJ** **RELATÓRIO FINAL**
Interessado:	**INSTITUTO PEREIRA PASSOS (PREFEITURA DA CIDADE DO RIO DE JANEIRO)** Att. Dr. Roberto Ainbinder – (rainbinder.iplan@pcrj.rj.gov.br) Eng. Durval Alves Mello Neto (dmello@pcrj.rj.gov.br) Rua Gago Coutinho, 52 – Laranjeiras 22221-070 - Rio de Janeiro - RJ Tel. (21) 2555-8000 [CNPJ 02.944.224/001-87]
Coordenador Técnico:	**Prof. Paulo Cesar Colonna Rosman**
Programa COPPE:	**Engenharia Oceânica** **(Área de Engenharia Costeira e Oceanográfica)**
Data:	**16 de Agosto de 2002**

2. Objetivos

Este Relatório Final apresenta o escopo dos serviços realizados, os resultados obtidos, e na parte final explica as metodologias e modelos utilizados.

O escopo dos serviços realizados está centrado no contexto do projeto Veneza Carioca. Objetivou-se especificamente, através de modelagem computacional, fazer uma análise preliminar dos níveis de água nos canais de drenagem na Região que abrange Vargem Grande, Sernambetiba e bacia da Lagoa de Jacarepaguá, para os seguintes arranjos hidráulicos:

A1) Projeto de Macrodrenagem existente para a Região **sem** a interligação dos canais com o Canal de Sernambetiba e **sem** a lagoa projetada, doravante referida como Lagoa VC.

A2) Projeto de Macrodrenagem existente para a Região **sem** a interligação dos canais com o Canal de Sernambetiba e **com** a Lagoa VC.

A3) Projeto de Macrodrenagem existente para a Região **com** a interligação dos canais com o Canal de Sernambetiba e **sem** a Lagoa VC.

A4) Projeto de Macrodrenagem existente para a Região **com** a interligação dos canais com o Canal de Sernambetiba e **com** a Lagoa VC. Sendo que neste caso, objetivou-se comparar duas opções de circuito:

- A4a) Lagoa VC conectada apenas através do Canal do Urubu.
- A4b) Lagoa VC conectada através do Canal do Urubu e do Canal do Cortado.

Para todos os casos foram feitas simulações em situações de marés de sizígia e quadratura com vazões médias nos rios. O cenário 4b também foi testado com vazões de cheia com período de retorno de 20 anos para os rios da bacia do canal e Sernambetiba.

3. Sumário dos resultados

Dos resultados obtidos apresentados na seção 6, selecionou-se dados para montar a Tabela 1 e a Tabela 2 a seguir. As tabelas sumarizam alguns resultados obtidos com as modelagens realizadas, dos quais destacam-se os seguintes aspectos:

- Supondo que todos os canais e rios teriam suas seções transversais dessassoreadas e colocadas em dimensões projetadas, a principal conclusão do estudo é a extraordinária melhoria que ocorre com a interligação do Sistema Lagunar de Jacarepaguá ao do Canal de Sernambetiba, através das ligações do Canal do Portelo e Rio Marinho, Canal Cortado e Canal das Taxas.
- Com a interligação, os rios e canais deixam de ser estagnados, as amplitudes de maré nas lagoas e as intensidades das correntes de maré em todo o sistema aumentam consideravelmente. Sem dúvida isso prenuncia uma dinâmica com muito maior potencial de suporte para boa qualidade ambiental que a existente na atualidade.
- No arranjo A4a, a Lagoa VC teria pouca circulação pois se conectaria ao sistema apenas através do Canal do Urubu[1].
- **A melhor situação ocorre para o arranjo A4b pois neste caso a Lagoa VC para a se conectar via Canal Cortado e Canal do Urubu. Deste modo finda o problema de estagnação, e propicia-se boa troca de águas com o restante do sistema.**
- Nos arranjos A1 e A2, mesmo considerando recuperação de profundidades na Lagoa da Tijuca, ocorre forte redução da altura de ondas de maré típicas de sizígia ao longo de todo o sistema lagunar. A redução é de quase 90% entre o mar e a Lagoa da Tijuca. No restante do sistema, a redução passa de 96% na Lagoa de Jacarepaguá e canais e rios à montante. Na Lagoa de Marapendi e canal das Taxas, a altura de uma maré típica de sizígia é reduzida em 98% em relação ao mar. Tais resultados evidenciam forte tendência à estagnação.
- Comparativamente, nos arranjos A3 e A4, nos quais existe a conexão do sistema Lagunar com o do Canal de Sernambetiba, as alturas de maré são significativamente maiores. Com a entrada da maré por duas embocaduras na extremidade Leste e Oeste, respectivamente pelas embocaduras do Canal da Joatinga e do Canal de Sernambetiba, ocorre extraordinária melhora, especialmente na Lagoa de Jacarepaguá e canais e rios a montante, que antes eram estagnados.
- Nos arranjos A3 e A4 as alturas de maré na Lagoa de Jacarepaguá passam a ser da ordem de 25 cm, cerca de seis vezes maiores que os cerca de 4 cm verificados nos arranjos A1 e A2. Tal amplificação evidencia a muito maior circulação e troca de águas que passaria a vigorar com a interligação do sistema lagunar ao Canal de Sernambetiba.

[1] Apenas um comentário pessoal: no estabelecimento da Lagoa VC, e revitalização de todo o sistema, convenhamos que a manutenção do nome “Canal do Urubu” não seria adequado.

- Um dos claros benéficos seria a significativamente maior intensidade das correntes de vazante em Camorim e no Canal da Joatinga. Com isso, os canais passariam a ter uma potencial capacidade de autolimpeza.
- Nos arranjos A1 e A2 os níveis médios são os mais altos e as velocidades as mais baixas, caracterizando grande estagnação nos canais. No caso A2, representado a idéia original da implantação da Lagoa VC, verifica-se que neste arranjo a lagoa seria bastante estagnada. Isso implica em maior dificuldade de drenagem e maior tendência a assoreamento.
- No arranjo A3 os canais passam a interligar as bacias de Jacarepaguá e Sernambetiba, sem a Lagoa VC. Os níveis médios baixam e há grande melhora na circulação nos canais, dificultando o assoreamento. Além disso, haveria aumento de salinidade, o que diminuiria o surgimento dos aguapés.
- Nos arranjos A4a e A4b os canais passam a interligar as bacias de Jacarepaguá e Sernambetiba, com a Lagoa VC. Como no caso A3, verifica-se abaixamento dos níveis médio e grande melhora na circulação nos canais, dificultando o assoreamento. E como no caso anterior, haveria aumento de salinidade diminuindo fortemente o surgimento dos aguapés.

Estação	Altura Máxima de Maré (m)					Redução Relativa ao Mar				
	A1	A2	A3	A4a	A4b	A1	A2	A3	A4a	A4b
Mar da Barra	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	0%	0%	0%	0%	0%
Lagoa da Tijuca	0.13	0.13	0.17	0.16	0.15	89%	89%	85%	85%	86%
Lagoa de Jacarepaguá	0.04	0.04	0.26	0.23	0.23	96%	97%	76%	79%	79%
Canal Cortado (Leste)	0.04	0.04	0.28	0.25	0.25	96%	97%	75%	77%	77%
Canal Cortado (Oeste)	0.04	0.04	0.39	0.30	0.31	96%	97%	65%	73%	72%
Rio Marinho	0.04	0.04	0.31	0.24	0.23	96%	97%	72%	78%	79%
Canal do Portelo	0.04	0.04	0.30	0.24	0.23	96%	97%	73%	78%	79%
Canal do Urubu	0.04	0.04	0.31	0.26	0.27	96%	97%	72%	76%	75%
Lagoa VC	-	0.04	-	0.26	0.27	-	97%	-	76%	75%
Lagoa de Marapendi	0.03	0.03	0.14	0.18	0.15	98%	98%	87%	84%	86%
Canal das Taxas (Leste)	0.03	0.03	0.15	0.16	0.15	98%	98%	86%	85%	86%
Canal das Taxas (Oeste)	0.03	0.03	0.48	0.50	0.48	98%	98%	56%	55%	56%
Mar Sernambetiba	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	-	-	0%	0%	0%
Meio do Canal de Sernambetiba	-	-	0.48	0.50	0.48	-	-	56%	55%	57%
Fim do Canal de Sernambetiba	-	-	0.35	0.31	0.30	-	-	68%	72%	73%

Tabela 1. Resumo de resultados referentes a alturas máximas de maré em diferentes setores.

Estação	Nível Médio (m)					Velocidade Máxima (m/s)					Velocidade Média (m/s)				
	A1	A2	A3	A4a	A4b	A1	A2	A3	A4a	A4b	A1	A2	A3	A4a	A4b
Mar da Barra	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01
Lagoa da Tijuca	0.13	0.10	0.05	0.07	0.06	0.02	0.02	0.03	0.03	0.03	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02
Lagoa de Jacarepaguá	0.12	0.11	0.05	0.05	0.06	0.00	0.00	0.03	0.03	0.02	0.00	0.00	0.02	0.02	0.01
Canal Cortado (Leste)	0.12	0.11	0.05	0.06	0.06	0.01	0.01	0.35	0.20	0.20	0.00	0.01	0.22	0.13	0.13
Canal Cortado (Oeste)	0.12	0.11	0.05	0.07	0.06	0.00	0.00	0.30	0.31	0.33	0.00	0.00	0.19	0.20	0.21
Rio Marinho	0.12	0.11	0.05	0.06	0.05	0.01	0.01	0.15	0.12	0.14	0.00	0.00	0.10	0.08	0.09
Canal do Portelo	0.12	0.11	0.05	0.05	0.06	0.00	0.00	0.23	0.20	0.20	0.00	0.00	0.15	0.13	0.13
Canal do Urubu	0.12	0.11	0.05	0.06	0.06	0.00	0.01	0.02	0.07	0.06	0.00	0.00	0.01	0.04	0.04
Lagoa VC	-	0.11	-	0.05	0.06	-	0.00	-	0.00	0.01	-	0.00	-	0.00	0.01
Lagoa de Marapendi	0.11	0.11	0.07	0.07	0.05	0.01	0.01	0.03	0.03	0.03	0.00	0.00	0.02	0.02	0.02
Canal das Taxas (Leste)	0.11	0.11	0.07	0.07	0.05	0.00	0.00	0.22	0.21	0.23	0.00	0.00	0.14	0.13	0.14
Canal das Taxas (Oeste)	0.11	0.11	0.05	0.05	0.06	0.00	0.00	0.25	0.23	0.30	0.00	0.00	0.16	0.15	0.19
Mar Sernambetiba	-	-	0.00	0.00	0.00	-	-	0.06	0.06	0.05	-	-	0.04	0.04	0.03
Meio do Canal de Sernambetiba	-	-	0.05	0.05	0.05	-	-	0.75	0.75	0.63	-	-	0.48	0.48	0.40
Fim do Canal de Sernambetiba	-	-	0.05	0.05	0.05	-	-	0.01	0.01	0.01	-	-	0.00	0.00	0.00

Tabela 2. Resumo de resultados referentes a níveis médios e magnitude de velocidades de correntes em diferentes setores.

- As duas estampas da Figura 1 a seguir retratam a circulação hidrodinâmica na Lagoa VC e canais de ligação em situação de maré enchente e maré vazante respectivamente, para o arranjo A4a. Pode-se observar a pouca circulação que ocorre na Lagoa VC quando esta se conecta ao sistema apenas através do Canal do Urubu.

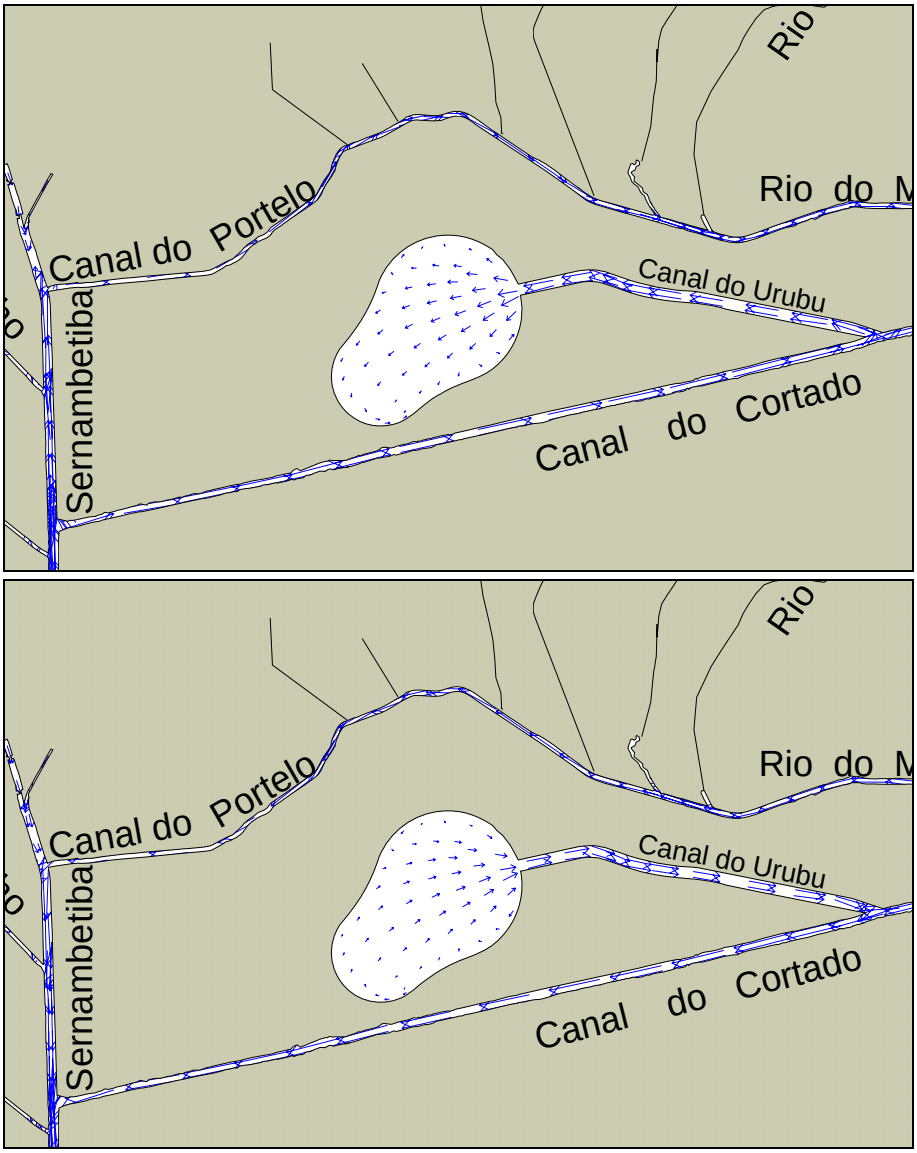


Figura 1. Arranjo hidráulico A4a: Situação projetada, com implantação da Lagoa VC e interligação do sistema lagunar de Jacarepaguá com o canal de Sernambetiba. Detalhes do padrão de correntes em situação de maré enchente na estampa acima e vazante na estampa abaixo. Evidencia-se a pouca circulação na Lagoa VC se esta for conectada ao sistema apenas pelo Canal do Urubu.

- Comparativamente as duas estampas da Figura 2 retratam a circulação hidrodinâmica na Lagoa VC e canais de ligação em situação de maré enchente e maré vazante respectivamente, para o arranjo A4b. Pode-se observar a pouca circulação que ocorre na Lagoa VC quando esta se conecta ao sistema apenas através do Canal do Urubu.

- Pode-se notar comparando a Figura 1 com a Figura 2 que com a dupla ligação na Lagoa VC há franca circulação sem estagnação. No caso do arranjo A4a, no qual a Lagoa VC é conectada ao sistema apenas através do canal do Urubu, a circulação é muito menor.

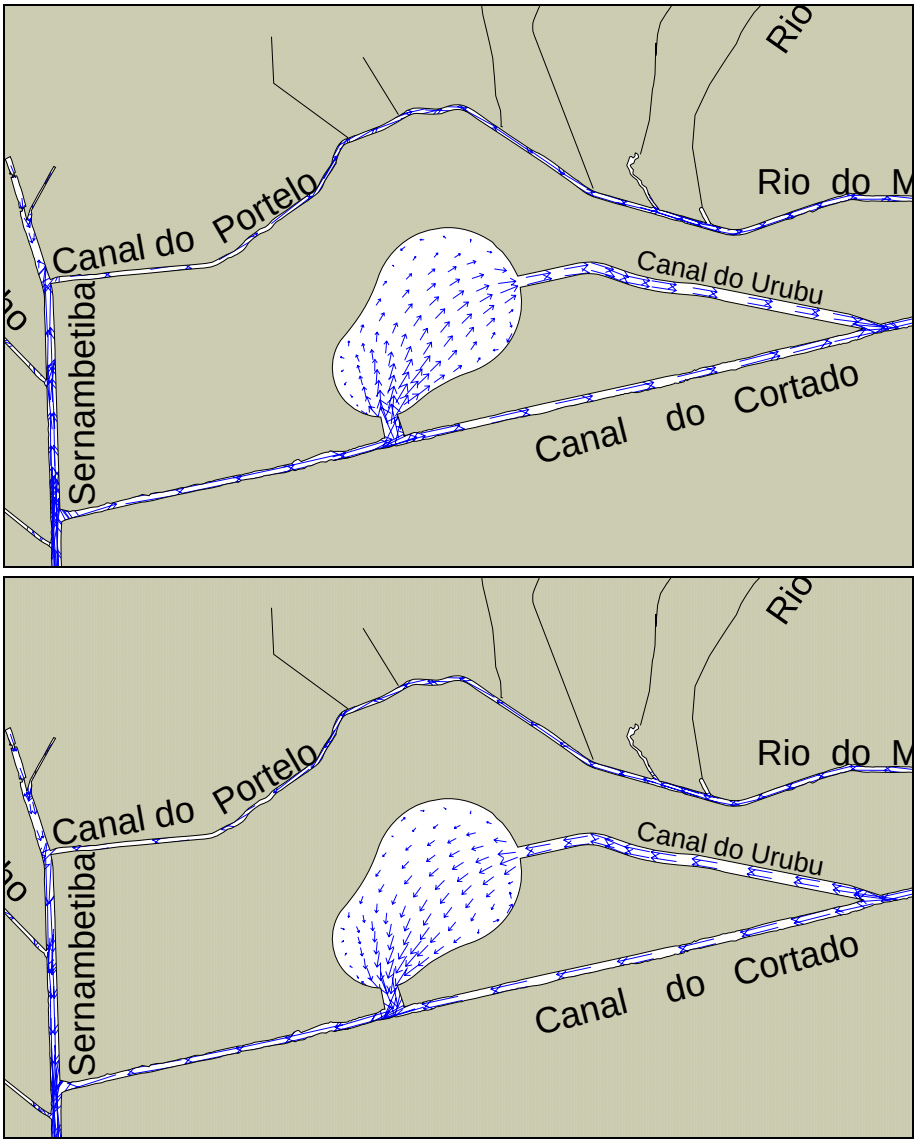


Figura 2. Arranjo hidráulico A4b: Situação projetada, com implantação da Lagoa VC e interligação do sistema lagunar de Jacarepaguá com o canal de Sernambetiba. Detalhes do padrão de correntes em situação de maré enchente na estampa acima e vazante na estampa abaixo. Evidencia-se a boa circulação na Lagoa VC se esta for conectada ao sistema através do Canal Cortado e Canal do Urubu.

4. Premissas de modelagem

Expõe-se a seguir as premissas adotadas no desenvolvimento dos trabalhos, e considerações pertinentes à relevância do uso de modelagem computacional, ao domínio de modelagem e aos dados básicos utilizados.

É necessário enfatizar que todos os trabalhos desenvolvidos têm por base informações e dados disponibilizados pela Prefeitura da Cidade do Rio de Janeiro. Por ser este um estudo de caráter preliminar, não foram efetuados levantamentos de campo, ou medições de parâmetros ambientais, com vistas a eventual calibração ou aferição de modelos. Quanto à validade dos modelos adotados, e a acurácia que se pode esperar nos resultados apresentados, deve-se ler o exposto na seção “8.2. Confiabilidade dos modelos” à página 120.

4.1. Relevância da modelagem computacional

Modelos são ferramentas integradoras, sem os quais não se consegue uma visão da dinâmica dos processos em sistemas ambientais complexos como o abrangido no contexto do projeto Veneza Carioca.

Usualmente, quando se levantam dados ambientais para estudos e projetos, planejamento, gestão ou gerenciamento, obtêm-se séries temporais em uns poucos pontos distribuídos na área de interesse. Através de **modelos calibrados** as informações obtidas nestes poucos pontos podem ser estendidas para toda a área de interesse. E, se os **modelos calibrados** são capazes de bem reproduzir situações para as quais se fez levantamentos, não há porque duvidar que possam ser usados como efetivas ferramentas de prognóstico, para prever impactos de modificações a serem introduzidas no meio, ou prever situações com cenários diferentes dos que ocorreram nas épocas de medições.

A análise de dados ambientais medidos em pontos isolados por vezes fica dificultada se não se tiver uma idéia clara da dinâmica do sistema. Por exemplo, pode-se interpretar muito melhor a medição de concentrações de um contaminante obtida em diversos pontos, sabendo-se de onde vêm e para onde vai o contaminante medido. Exceto em rios, que têm escoamento unidirecional, a dinâmica espacial da dispersão de um contaminante é difícil de se obter através de medições pontuais, mas é facilmente obtida através de modelos. O mesmo vale para a maioria das grandezas relevantes à gestão de corpos de água naturais.

Desta forma, em linhas gerais, modelos são ferramentas indispensáveis para auxílio a projetos, à gestão e ao gerenciamento de sistemas ambientais como o pertinente ao projeto Veneza Carioca, pois permitem integrar informações espacialmente dispersas, estender o conhecimento para regiões nas quais não há medições, ajudar a interpretação de medições feitas em estações pontuais, prever situações simulando cenários futuros, etc. O uso de modelos como ferramentas de prognóstico inclusive pode ser feito quase em tempo real, para planejar operações de limpeza ambiental em decorrência de derrames acidentais de contaminantes tóxicos como óleos e solventes.

Acima as palavras “modelos calibrados” estão grifadas porque a potencialidade plena da utilização de modelos efetivamente se materializa quando estes estão calibrados. Modelos não calibrados também são úteis, desde que se conheça muito bem as características do sistema de modelos adotado, mesmo assim, sua utilidade fica de certo modo diminuída, pois não se pode

aferir a validade dos resultados obtidos. Por melhor que seja o sistema de modelos adotado, não é possível avaliar quantitativamente a acurácia dos resultados sem dados medidos para comparação. É através de um processo iterativo de comparação entre valores medidos e valores computados, seguidos de ajustes, que se faz a calibração de modelos.

4.2. Domínios de modelagem considerados

A Figura 3 mostra um mapa ilustrativo em perspectiva do complexo estuarino lagunar de Jacarepaguá e Sernambetiba. Os diferentes arranjos hidráulicos descritos no item 2, compõem diferentes opções de ligações de canais e existência ou não da Lagoa VC. A ilustração corresponde ao arranjo A4a.

Da Figura 4 à Figura 8 apresenta-se os cinco arranjos hidráulicos modelados. Em cada uma das figuras, a área branca e os rios indicados representam o domínio de modelagem de cada arranjo.

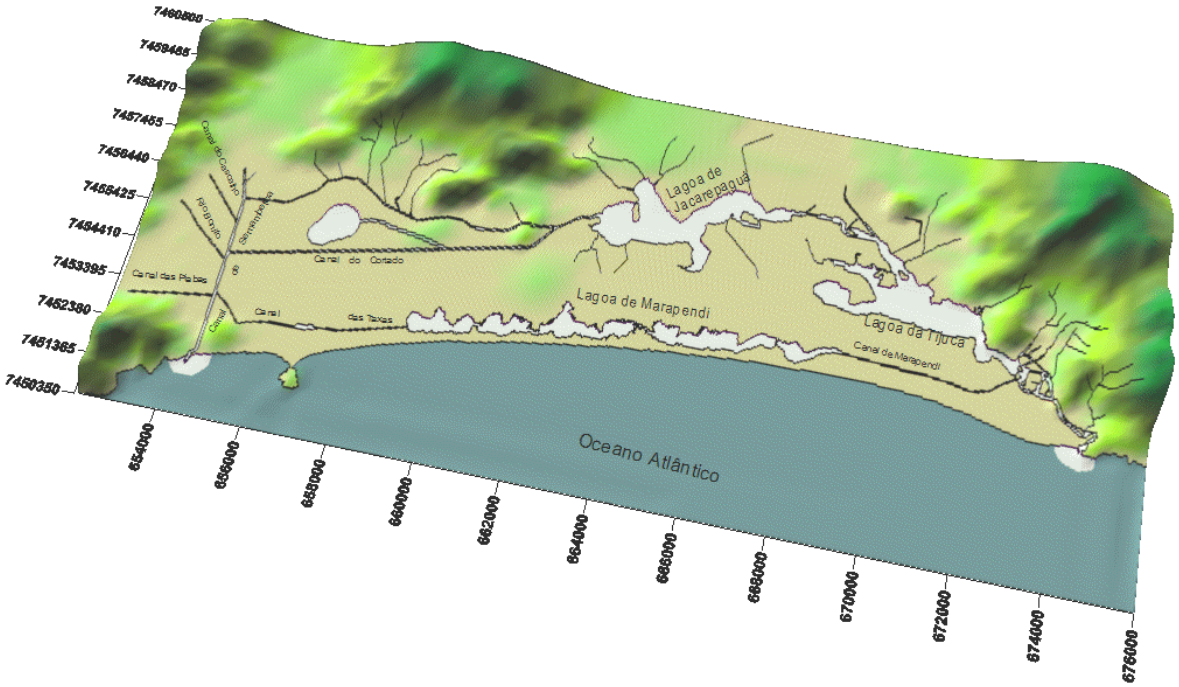


Figura 3. Mapa com vista em perspectiva do complexo estuarino lagunar de Jacarepaguá e Sernambetiba[2], no qual se pode ver a Lagoa projetada. A ilustração retrata o arranjo A4a.

[2] Mapa produzido pela Eng[a.] Valéria Nunes de Oliveira, M.Sc.

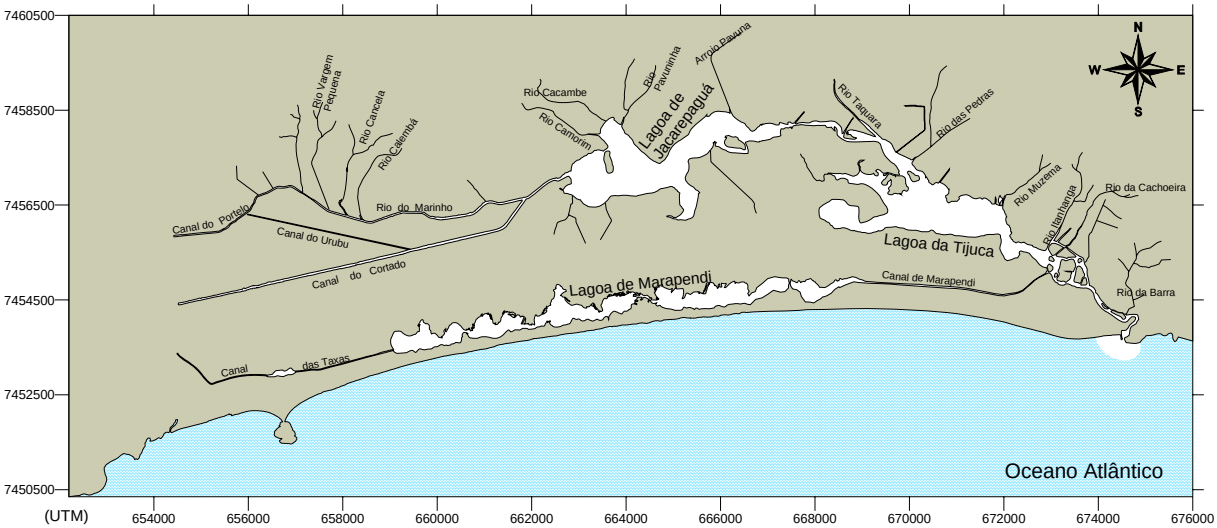


Figura 4. Arranjo hidráulico A1: Situação atual do sistema lagunar de Jacarepaguá. Em branco o domínio incluído no Modelo A1.

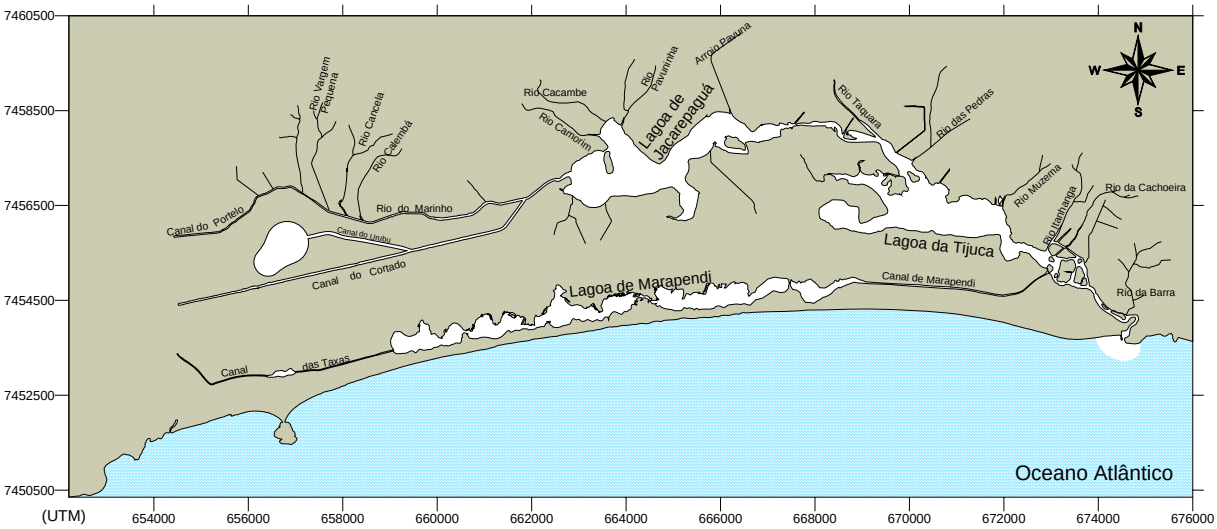


Figura 5. Arranjo hidráulico A2: Situação projetada, incluindo a Lagoa VC no sistema lagunar de Jacarepaguá. Em branco o domínio incluído no Modelo A2.

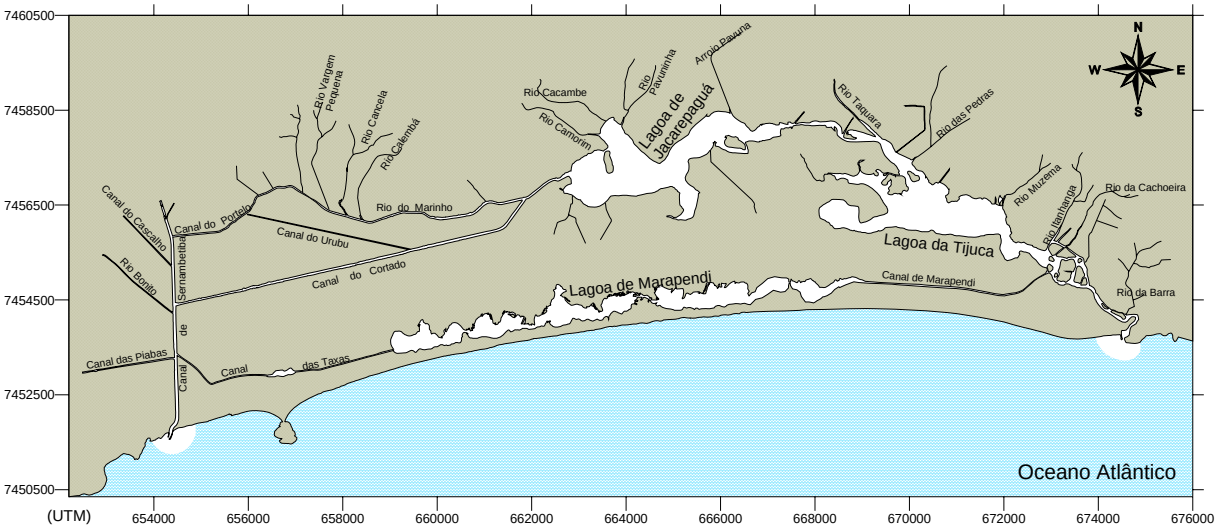


Figura 6. Arranjo hidráulico A3: Situação projetada, interligando o sistema lagunar de Jacarepaguá com o canal de Sernambetiba. Em branco o domínio incluído no Modelo A3.

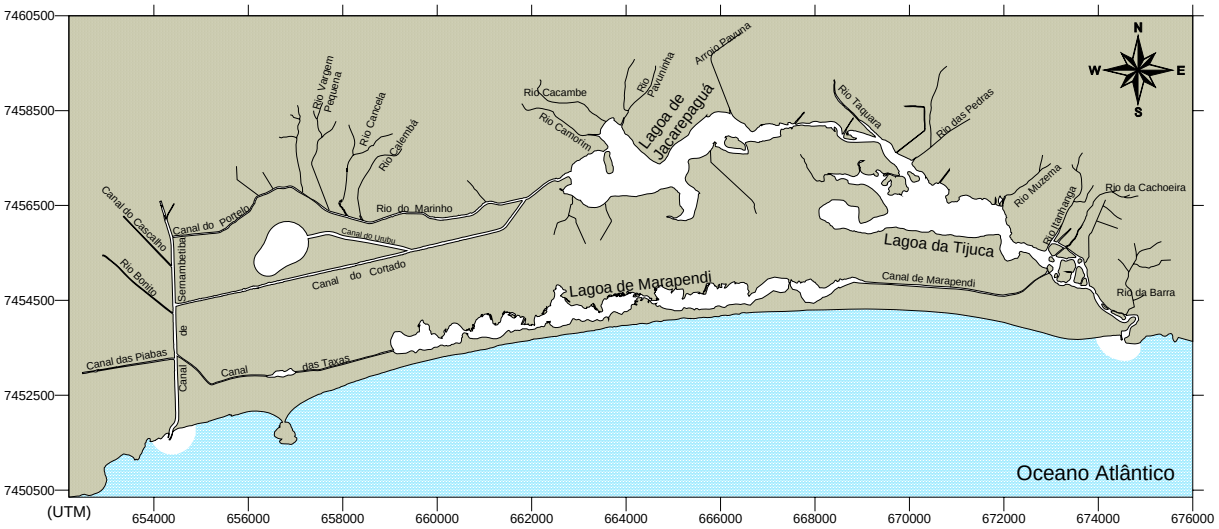


Figura 7. Arranjo hidráulico A4a: Situação projetada, com implantação da Lagoa VC e interligação do sistema lagunar de Jacarepaguá com o canal de Sernambetiba. Neste arranjo, a Lagoa VC tem apenas uma conexão pelo Canal do Urubu. Em branco o domínio incluído no Modelo A4a.

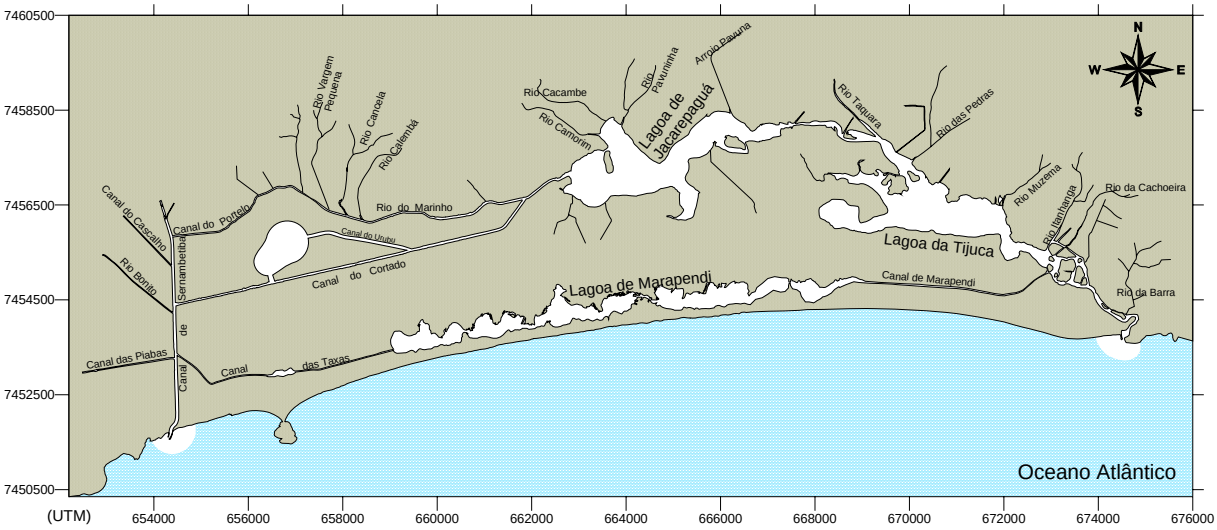


Figura 8. Arranjo hidráulico A4b: Situação projetada, com implantação da Lagoa VC e interligação do sistema lagunar de Jacarepaguá com o canal de Sernambetiba. Neste arranjo, a Lagoa VC tem duas conexões, uma pelo Canal do Urubu e outra pelo Canal do Cortado. Em branco o domínio incluído no Modelo A4b.

4.3. Dados básicos utilizados

Considerando que os objetivos são focados na comparação de níveis de água, e secundariamente na intensidade de correntes e verificação de pontos de estagnação, os dados básicos utilizados foram os seguintes dados:

1. Topo hidrografia atual e projetada das lagoas, principais rios afluentes, canais de interligação, zona da embocadura no mar e costa adjacente.
2. Séries temporais de vazões nos principais rios afluentes.
3. Níveis de maré no mar.

Todos os dados dos itens 1 e 2 acima foram fornecidos pela Fundação Rio Águas da Prefeitura Municipal do Rio de Janeiro, e fazem parte do trabalho intitulado Projeto de Recuperação Ambiental da Bacia de Jacarepaguá – Sub-projeto 1: Infra-estrutura Sanitária, componente 1.1 : Macro-drenagem - Projeto Executivo de Retificação, Canalização, Pontes e Vias Canais da Bacia de Jacarepaguá – Lote 3.

Na seção 5 apresenta-se a batimetria e a forma de discretização do domínio modelado para cada um dos casos.

Os dados de maré utilizados são constantes harmônicas retiradas do *Catálogo de Estações Maregráficas Brasileiras*, publicado pela FEMAR- Fundação de Estudos do Mar, em Setembro de 2000, cf. Estação Copacabana-RJ. A Tabela 3 apresenta as componentes de maré utilizadas na geração de curvas de maré sintéticas impostas como condição de contorno nas fronteiras de mar. A Figura 14 apresenta as curvas de maré geradas com as constantes da Tabela 3.

Constante	Período (seg.)	Amplitude (m)	Fase (rad)
M2	44714.16439359	0.3030	1.3788
S2	43200.00000000	0.1720	1.5184
O1	92949.62999305	0.1070	1.5010
K1	86164.09076147	0.0630	2.6529
N2	45570.05368141	0.0380	2.1118
M4	22357.08219679	0.0340	0.5934
Q1	96726.08402232	0.0280	1.0123
μ2	46338.32748471	0.0150	1.4486
MN4	22569.02607322	0.0150	6.1261
MS4	21972.02140437	0.0150	2.1991
M1	89399.69409163	0.0090	2.1991
MO3	30190.69069213	0.0050	0.6632
M3	29809.44292906	0.0050	3.4208

Tabela 3. Constantes harmônicas de maré utilizadas para gerar condições de contorno nas fronteiras de mar. A Figura 14 mostra curvas de maré sintética geradas com estas constantes.

Para as simulações comparativas entre os diversos arranjos foram adotadas vazões médias para todos os rios, calculadas través do método racional. A Tabela 4 indica os valores adotados.

Rio	Área (km²)	Vazão (m³/s)
Canal das Piabas	7.04	0.183
Rio Bonito	3.10	0.081
Canal do Cascalho	2.48	0.064
Rio Vargem Grande	19.26	0.500
Rio Morto	9.63	0.250
Rio Vargem Pequena	2.75	0.071
Rio Cancela	3.32	0.086
Rio Calemba	1.50	0.039
Rio Camorim	7.24	0.188
Rio Caçambe	4.69	0.122
Rio Pavuninha	6.73	0.175
Arroio Pavuna	21.22	0.551
Rio das Pedras	7.04	0.183
Rio Muzema	1.12	0.029
Rio Itanhanga	4.22	0.110
Rio da Cachoeira	16.77	0.436
Canal do Portelo	5.71	0.148
Canal do Urubu	2.24	0.058
Canal do Cortado	3.07	0.080
Rio das Taxas	1.95	0.051

Tabela 4. Vazões médias consideradas nos rios afluentes, calculadas pelo método racional.

Na seção 7 são apresentados resultados considerando vazões com T_R = 20 anos.

4.3.1. Sobre dados para estudos futuros e calibração de modelos

Conforme informado no Relatório de Instalação e Metodologias, além dos dados listados acima, para estudos futuros fora do contexto deste trabalho, objetivando, por exemplo, avaliações de qualidade de água e padrões de circulação hidrodinâmica nas lagoas serão necessários dados de:

- Séries temporais de ventos na região das lagoas.
- Estimativa das vazões difusas de água servida ao redor das lagoas.
- Estimativa de cargas de fontes poluidoras nos rios e lagoas.
- Distribuição espacial de salinidade e temperatura.

Quando pertinente, tais dados também seriam usados para calibração dos modelos. Em não havendo dados, seria de todo recomendável efetuarem-se algumas medições simultâneas de níveis e correntes, bem como distribuição espacial de salinidade e temperatura, em pontos a serem definidos, de modo a se poder realizar uma calibração dos modelos a serem implementado. Se porventura tais estudos forem efetivados, pode-se especificar e planejar campanhas de medição de dados para efetiva calibração dos modelos.

Embora uma etapa de calibração de modelos esteja fora do escopo deste trabalho, deve-se enfatizar que os modelos adotados apresentam acurácia confiável mesmo sem a devida calibração. Evidentemente, após calibração pode-se aumentar a acurácia de resultados. O item “8.2 Confiabilidade dos modelos” trata do assunto, e discorre sobre os níveis de coerência esperados entre valores previstos pelos modelos e valores reais.

5. Batimetria e discretização

Apresenta-se as batimetrias e as malhas de discretização do domínio considerado em cada um dos arranjos hidráulicos descritos na seção 4.2. *Destaca-se que em todos os arranjos hidráulicos modelados foram adotadas profundidades projetadas, portanto, em nenhum dos casos retrata-se a realidade vigente.*

5.1. Batimetria e discretização do arranjo A1

O arranjo hidráulico A1 consiste em considerar o projeto de macrodrenagem existente para a região **sem** a interligação dos canais com o Canal de Sernambetiba e **sem** a lagoa projetada, doravante referida como Lagoa VC.

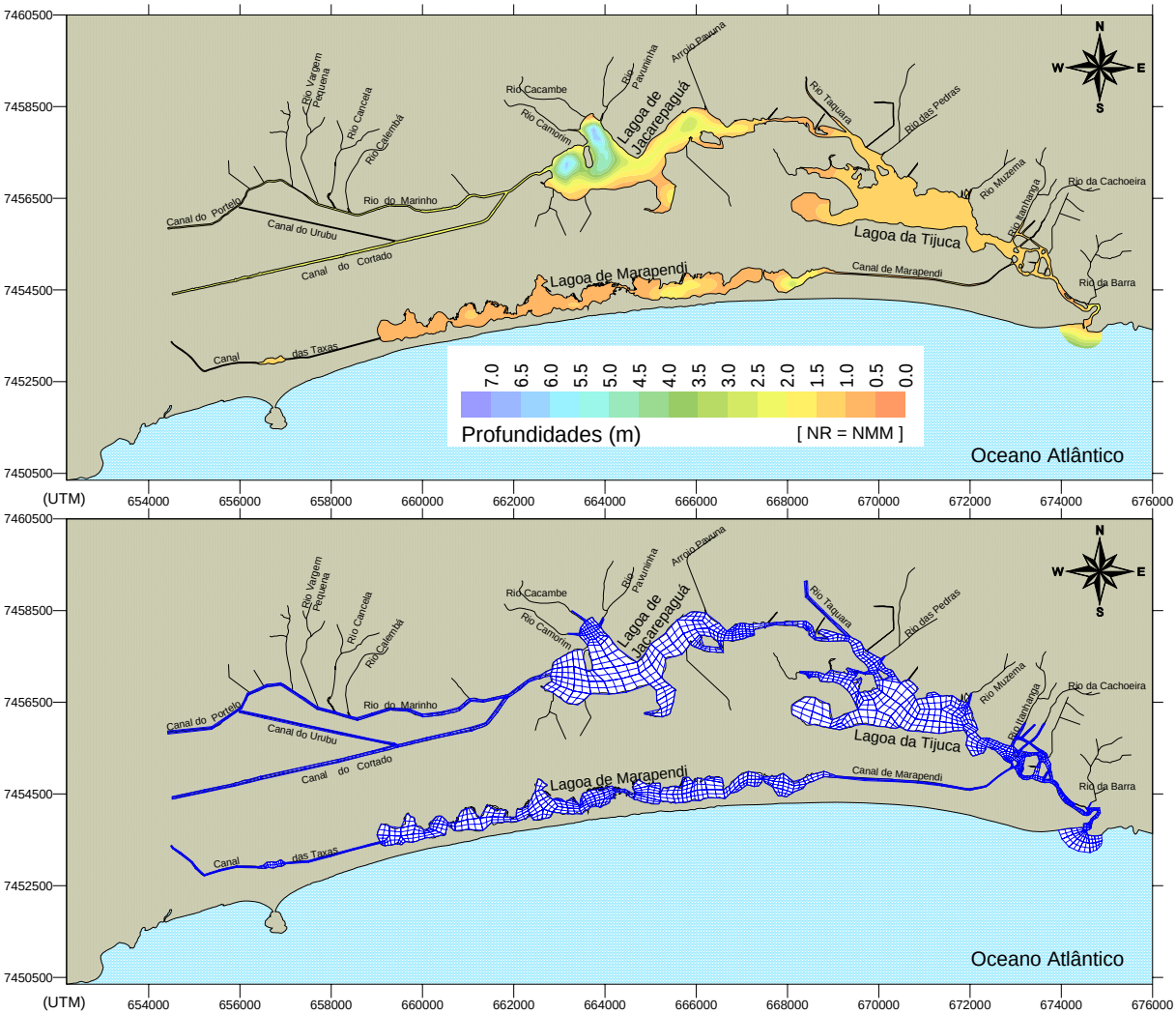


Figura 9. Para o arranjo hidráulico A1, a estampa superior mostra a batimetria considerada no modelo, referente ao Nível Médio do Mar (NMM). A estampa inferior apresenta a malha de elementos finitos implementada, com 470 elementos quadriláteros biquadráticos contendo 2535 nós, sendo 1200 internos, 1320 em fronteiras terrestres, 17 em fronteiras de mar.

5.2. Batimetria e discretização do arranjo A2

O arranjo hidráulico A2 consiste em considerar projeto de macrodrenagem existente para a região sem a interligação dos canais com o Canal de Sernambetiba e com a Lagoa VC.

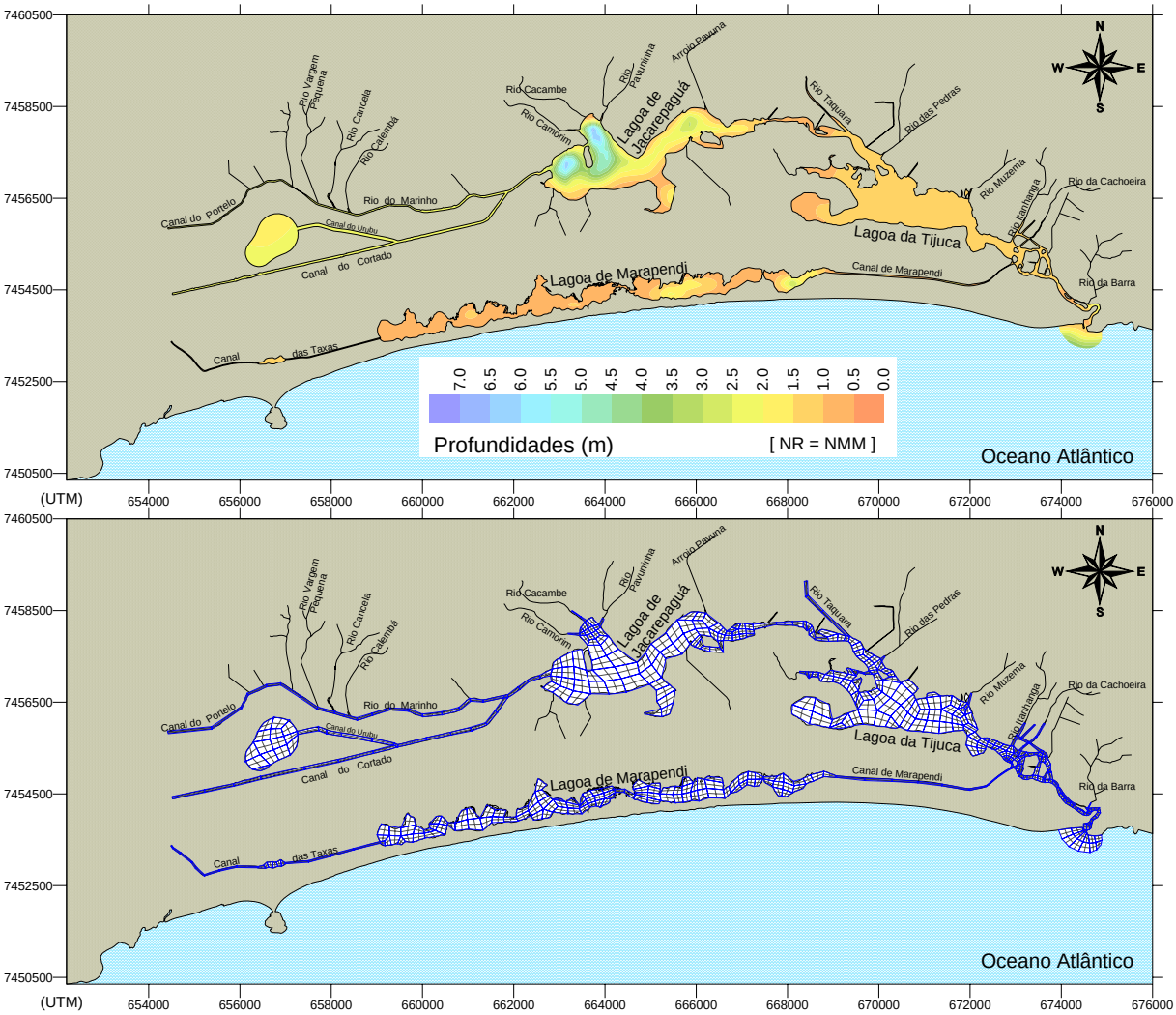


Figura 10. Para o arranjo hidráulico A2, a estampa superior mostra a batimetria considerada no modelo, referente ao Nível Médio do Mar (NMM). A estampa inferior apresenta a malha de elementos finitos implementada, com 484 elementos quadriláteros biquadráticos contendo 2605 nós, sendo 1242 internos, 1348 em fronteiras terrestres, 17 em fronteiras de mar.

5.3. Batimetria e discretização do arranjo A3

O arranjo hidráulico A3 consiste em considerar projeto de macrodrenagem existente para a região **com** a interligação dos canais com o Canal de Sernambetiba e **sem** a Lagoa VC.

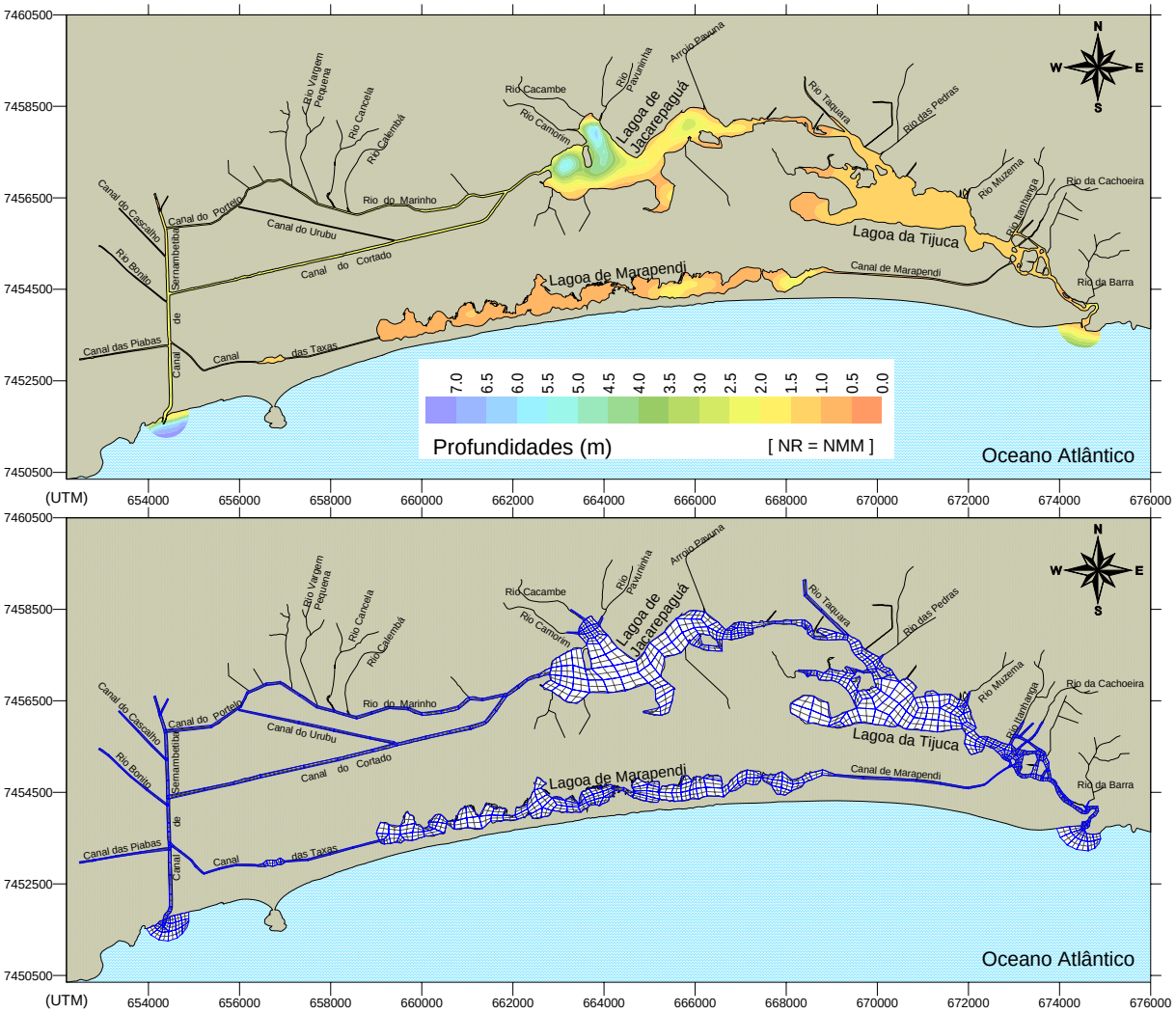


Figura 11. Para o arranjo hidráulico A3, a estampa superior mostra a batimetria considerada no modelo, referente ao Nível Médio do Mar (NMM). A estampa inferior apresenta a malha de elementos finitos implementada, com 528 elementos quadriláteros biquadráticos contendo 2859 nós, sendo 1336 internos, 1491 em fronteiras terrestres, 36 em fronteiras de mar.

5.4. Batimetria e discretização do arranjo A4a

O arranjo hidráulico A4a consiste em considerar projeto de macrodrenagem existente para a região **com** a interligação dos canais com o Canal de Sernambetiba e **com** a Lagoa VC. No arranjo A4a, a Lagoa VC se conecta ao sistema apenas através do Canal do Urubu.

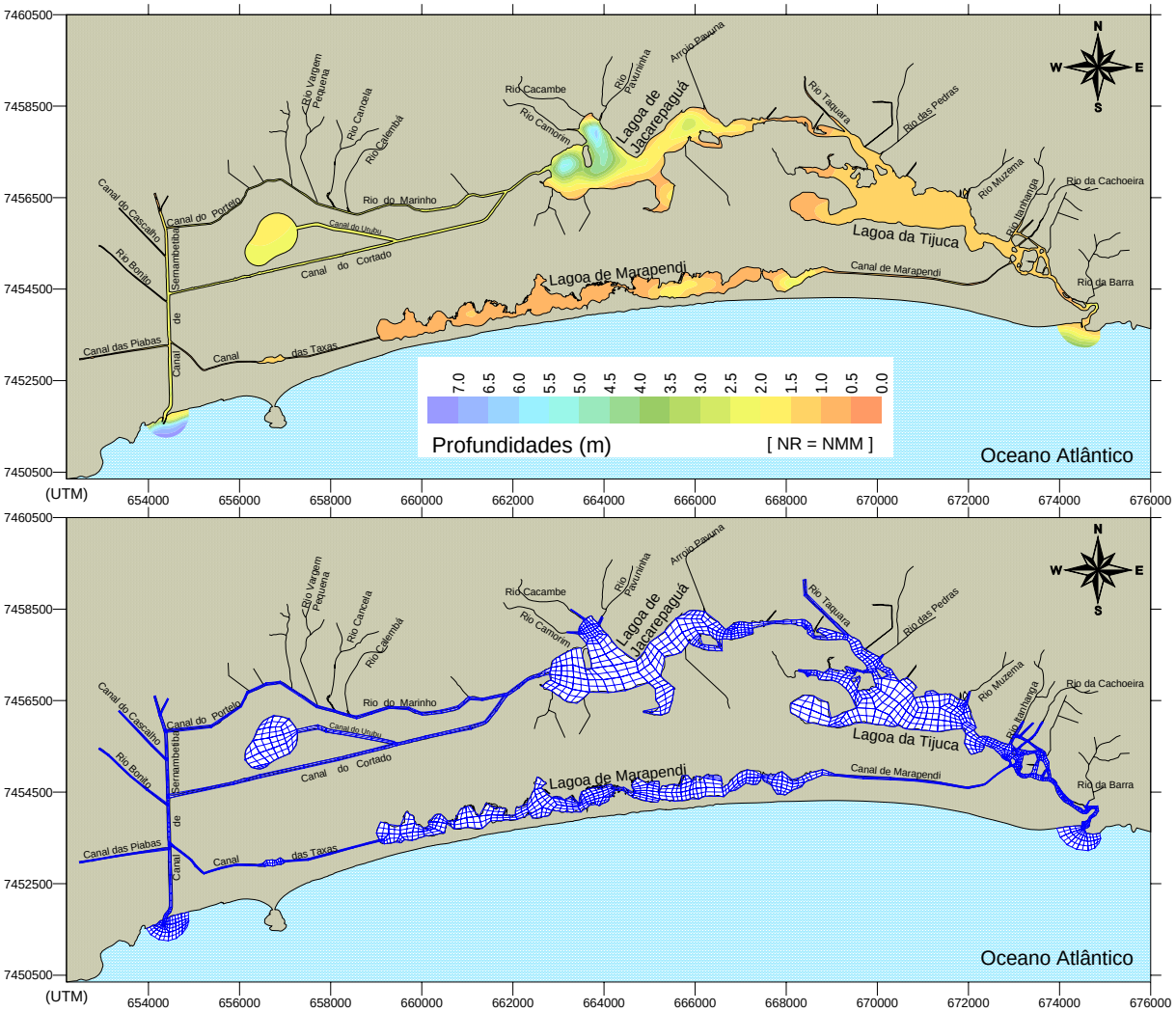


Figura 12. Para o arranjo hidráulico A4a, a estampa superior mostra a batimetria considerada no modelo, referente ao Nível Médio do Mar (NMM). A estampa inferior apresenta a malha de elementos finitos implementada, com 542 elementos quadriláteros biquadráticos contendo 2929 nós, sendo 1378 internos, 1519 em fronteiras terrestres, 36 em fronteiras de mar.

5.5. Batimetria e discretização do arranjo A4b

O arranjo hidráulico A4b consiste em considerar projeto de macrodrenagem existente para a região **com** a interligação dos canais com o Canal de Sernambetiba e **com** a Lagoa VC. No arranjo A4b, a Lagoa VC se conecta ao sistema através do Canal do Urubu e do Canal do Cortado.

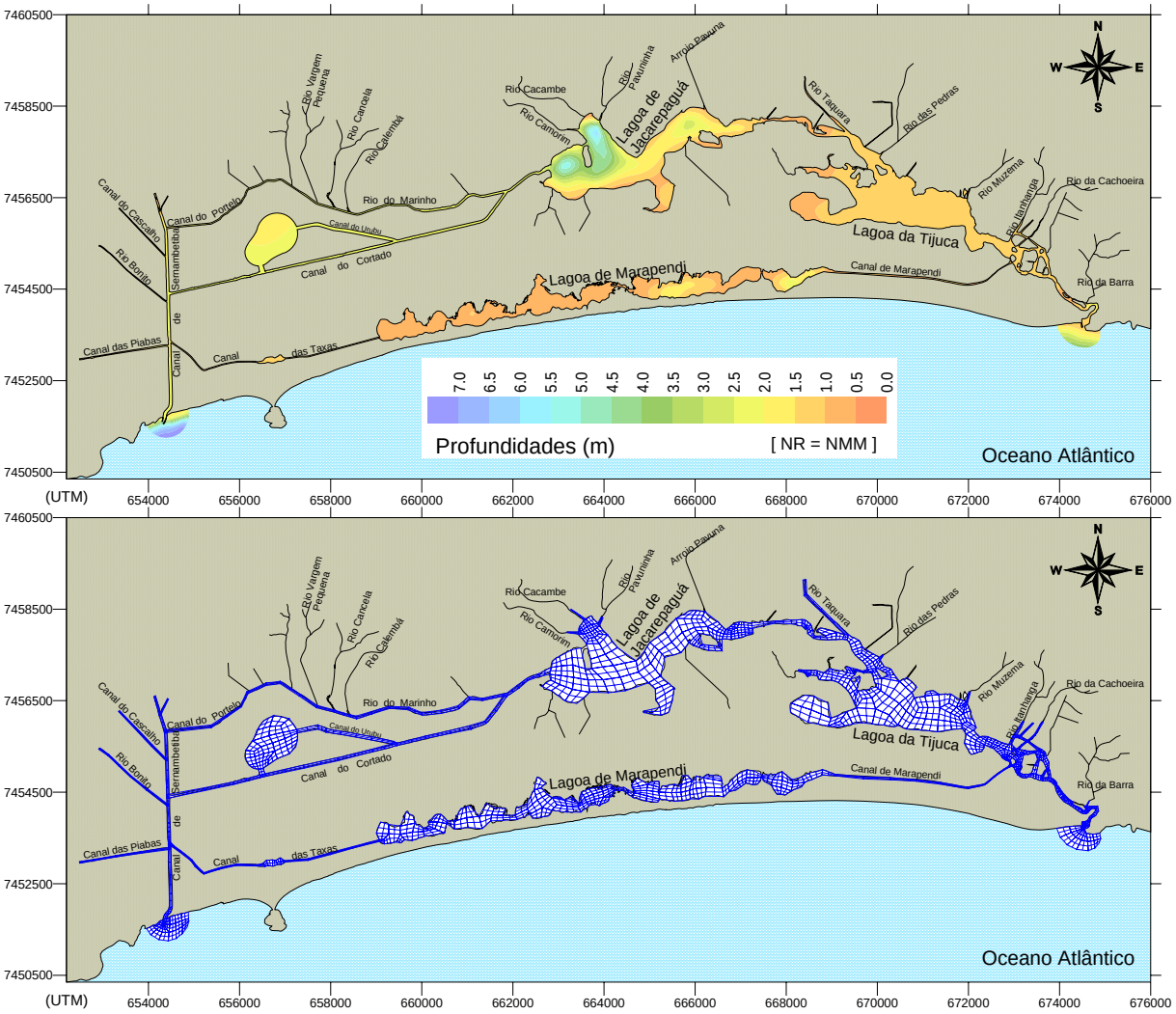


Figura 13. Para o arranjo hidráulico A4b, a estampa superior mostra a batimetria considerada no modelo, referente ao Nível Médio do Mar (NMM). A estampa inferior apresenta a malha de elementos finitos implementada, com 553 elementos quadriláteros biquadráticos contendo 2976 nós, sendo 1417 internos, 1527 em fronteiras terrestres, 36 em fronteiras de mar.

6. Resultados obtidos

Para cada um dos casos modelados, os resultados obtidos são apresentados nas seguintes formas:

1. Mapas com distribuição espacial de níveis de água e correntes de maré com o intuito de ilustrar padrões em diferentes situações de maré.
2. Gráficos de série temporais de níveis de água e de velocidade de correntes em estações localizadas em pontos selecionados, com o intuito de mostrar valores quantitativos.

Em todos os casos simulados as condições de maré no mar foram as mesmas. A Figura 14 mostra as curvas de maré adotadas como condição de contorno, geradas a partir das constantes harmônicas apresentadas na Tabela 3. Em todos os pontos de fronteira no mar as mesmas amplitudes foram impostas, mas com defasagem no tempo. Nos casos em que há duas fronteiras de mar, considerou-se para os pontos de fronteira de mar Oeste, defronte ao Canal de Sernambetiba, um atraso médio de aproximadamente 4 minutos em relação aos pontos de fronteira de mar Leste, defronte ao Canal de Joatinga.

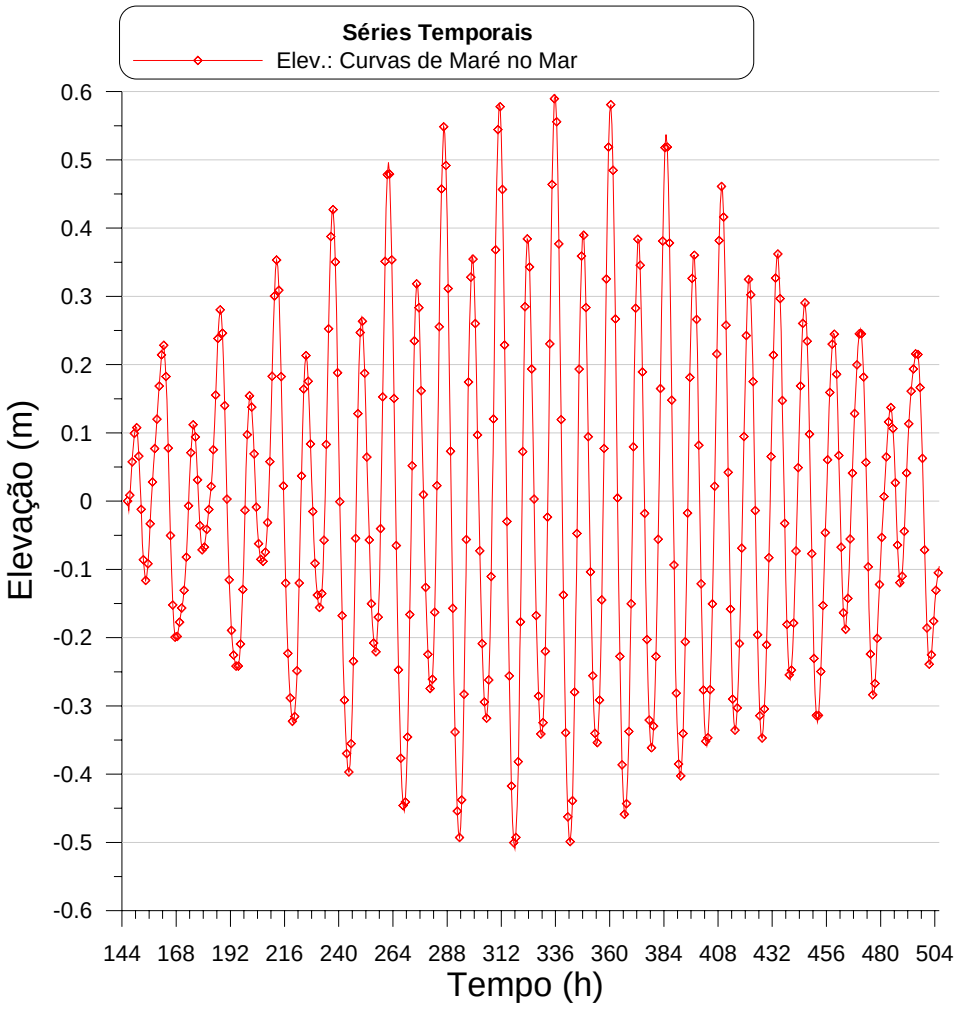


Figura 14. Curvas de maré no mar impostas ao modelo para todos os casos. As curvas em todos os pontos de fronteira no mar têm as mesmas amplitudes mas são defasadas no tempo. Considerou-se para os pontos de fronteira no mar defronte ao Canal de Sernambetiba um atraso médio de aproximadamente 4 minutos em relação aos pontos defronte ao Canal de Joatinga.

6.1. Resultados para o arranjo A1

Para o arranjo hidráulico A1, a Figura 15 apresenta a localização das estações nas quais gravou-se resultados de níveis de água, intensidade e direção de correntes ao longo do tempo.

Para efeito de comparação com os valores de níveis de água gravados em estações internas, os valores de níveis de água no mar estão apresentados na Figura 14.

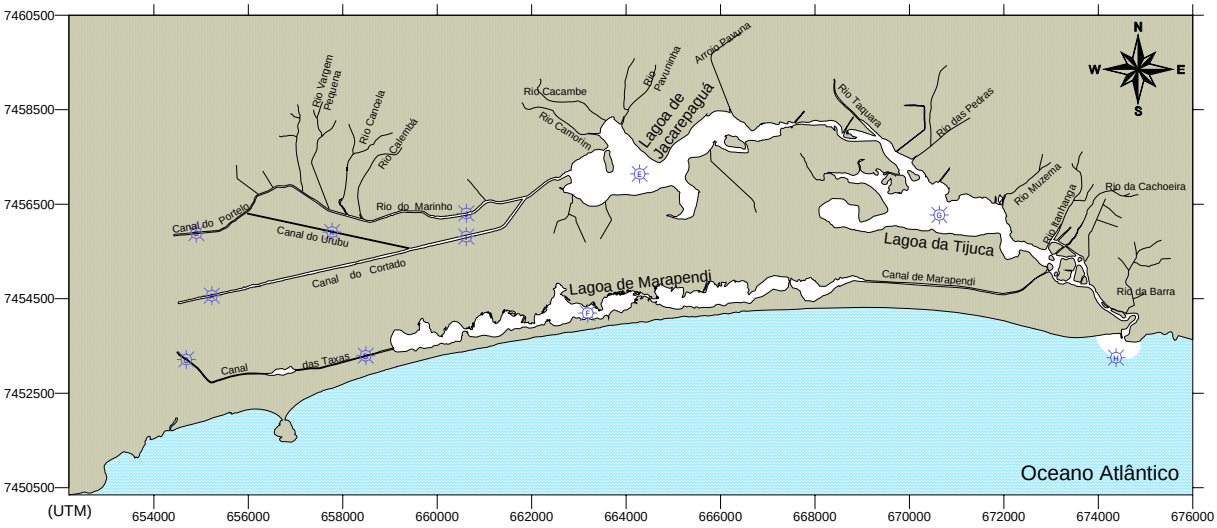


Figura 15. Mapa de posicionamento das estações para o arranjo hidráulico A1. Nos pontos onde estão as estações foram gravados valores de níveis de água e correntes ao longo do tempo.

6.1.1. Mapas Ilustrativos para o arranjo A1

Para o arranjo A1, apresenta-se os seguintes mapas com o intuito de ilustrar os resultados obtidos:

1. Mapa de níveis de água em instante de preamar na embocadura, na Figura 16.
2. Mapa de vetores de velocidade e respectivo mapa de isolinhas de módulo de velocidade de correntes em instante de preamar na embocadura, nas duas estampas da Figura 17.
3. Mapa de níveis de água em instante de baixamar na embocadura, na Figura 18.
4. Mapa de vetores de velocidade e respectivo mapa de isolinhas de módulo de velocidade de correntes em instante de baixamar na embocadura, nas duas estampas da Figura 19.

Analisando tais mapas, destacam-se os seguintes pontos:

- Através das diferentes cores representando níveis de água pode-se verificar as diferentes fases de maré nos diversos recintos do sistema.
- Os canais a montante da Lagoa de Jacarepaguá variam seus níveis praticamente em fase com a Lagoa, mantendo aproximadamente as mesmas elevações verificadas na Lagoa.
- Similarmente o canal das Taxas, a montante da Lagoa de Marapendi, praticamente varia seu nível em fase com a Lagoa, mantendo aproximadamente as mesmas elevações verificadas na Lagoa.
- Como esperado, nos estrangulamentos entre grandes massas de água, e.g. Canal da Joatinga e Camorim, verifica-se fortes gradientes de nível de água, e conseqüentemente correntes mais intensas.

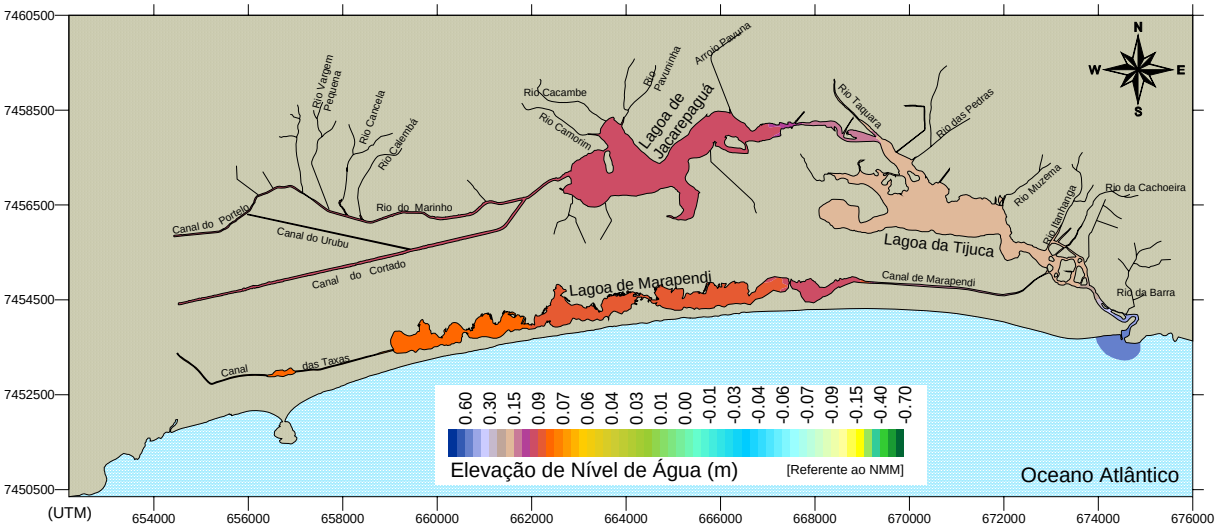


Figura 16. Arranjo A1: Mapa ilustrativo de variação de níveis de água em situação de preamar típica de sizígia na embocadura.

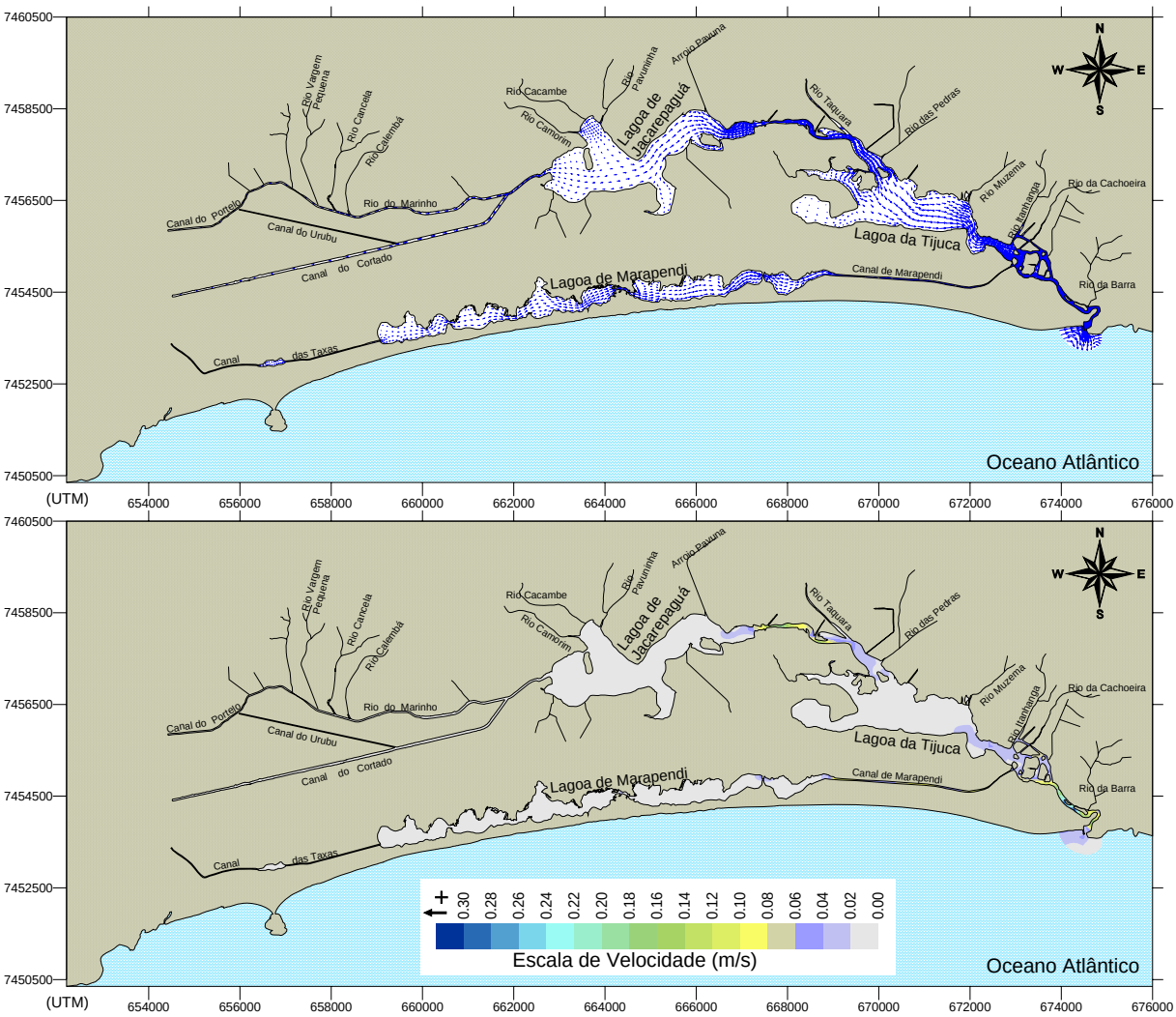


Figura 17. Arranjo A1: Mapas ilustrativos de padrão de correntes em instante de preamar típica de sizígia na embocadura. Estampa superior mostra setas indicativas da direção do escoamento e estampa inferior indica magnitude das velocidades.

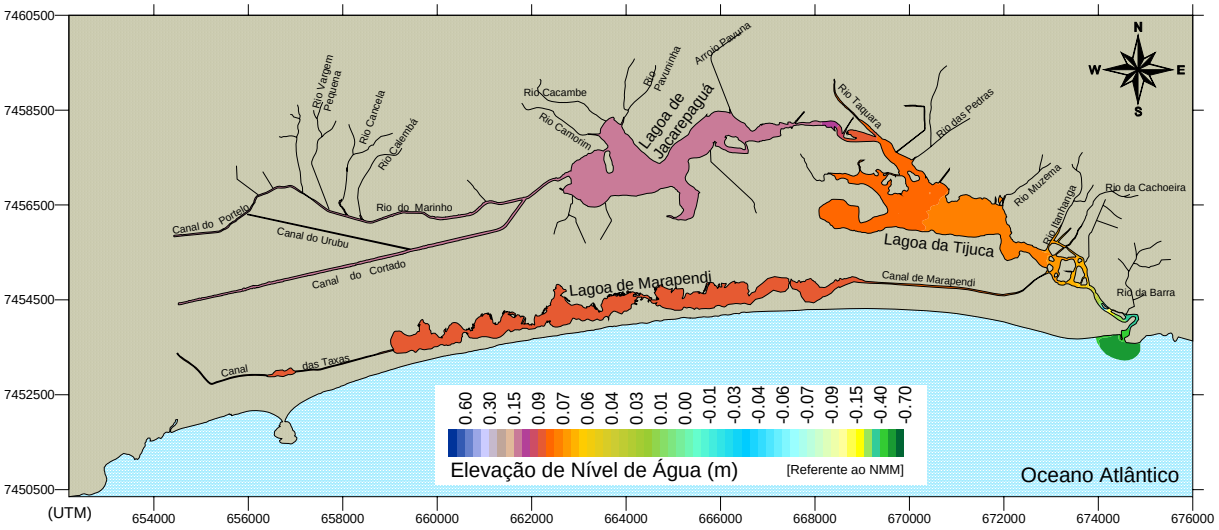


Figura 18. Arranjo A1: Mapa ilustrativo de variação de níveis de água em situação de baixamar típica de sizígia na embocadura.

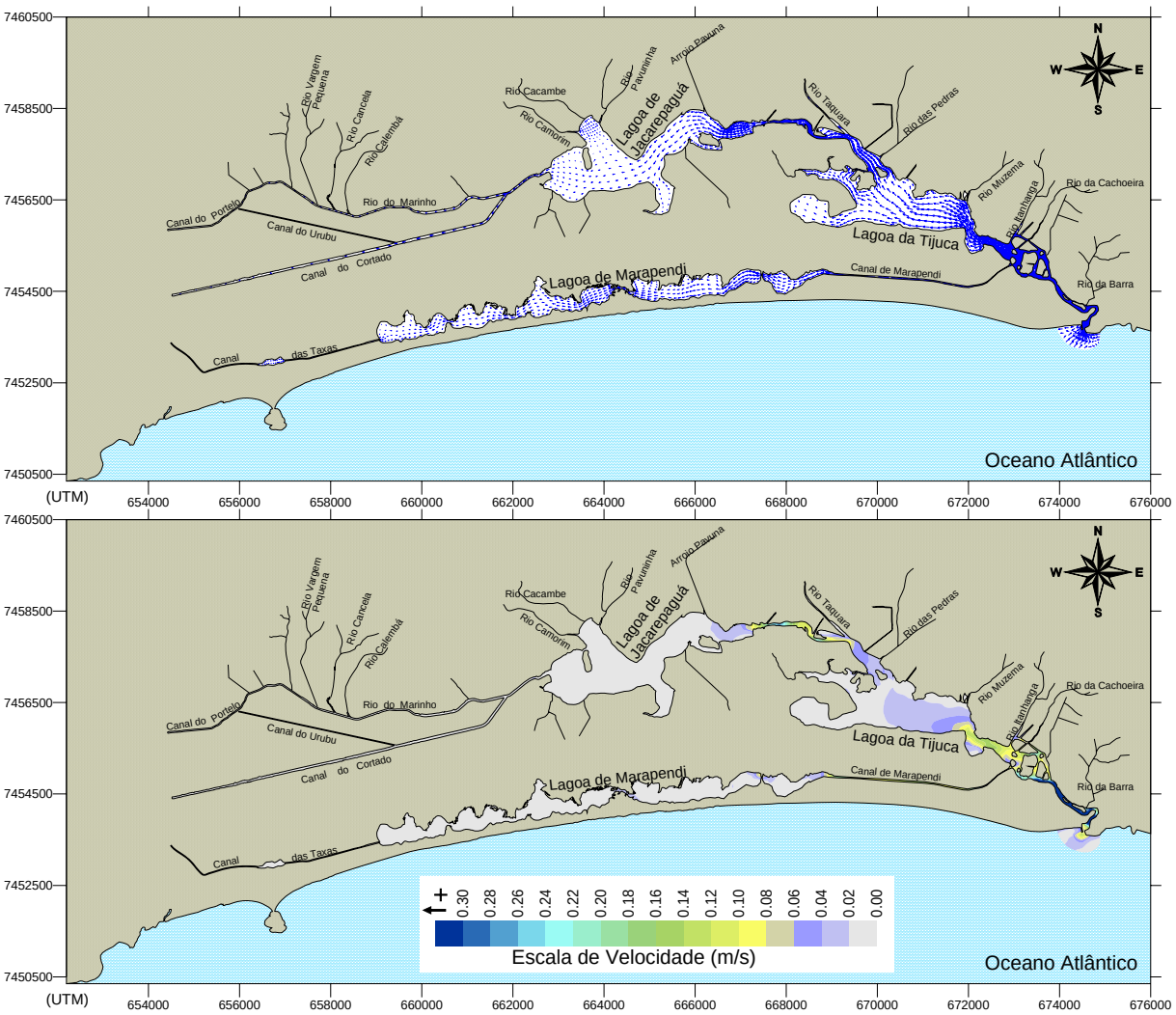


Figura 19. Arranjo A1: Mapas ilustrativos de padrão de correntes em instante de baixamar típica de sizígia na embocadura. Estampa superior mostra setas indicativas da direção do escoamento e estampa inferior indica magnitude das velocidades.

6.1.2. Gráficos de séries temporais – Arranjo A1

Através dos gráficos a seguir pode-se ter uma idéia mais quantitativa a respeito de níveis de água e intensidade de correntes em estações ao longo dos diferentes recintos. A localização das estações no Arranjo A1 é apresentada na Figura 15.

Para este caso são apresentados os seguintes gráficos, nos quais destaca-se:

- Figura 20. Arranjo A1: séries temporais de valores de elevação de nível de água e módulo da velocidade de correntes nas estações da Lagoa da Tijuca e da Lagoa de Jacarepaguá.
    - Nota-se o significativo abatimento das amplitudes de maré nas Lagoas. Na sizígia, em comparação com as amplitudes no mar, cf. Figura 14, verifica-se uma redução de quase 90% na Lagoa da Tijuca, e superior a 95% na Lagoa de Jacarepaguá.
    - A intensidade das correntes em ambas as lagoas é muito pequena, o que é usual, mas não desejável.
- Figura 21. Arranjo A1: séries temporais de valores de elevação de nível de água e módulo da velocidade de correntes nas estações do Canal Cortado Leste e Oeste.
    - No Canal Cortado, as amplitudes de maré são praticamente idênticas às verificadas na Lagoa de Jacarepaguá, apresentando uma redução superior a 95% em comparação com as amplitudes no mar, cf. Figura 14.
    - A intensidade das correntes no Canal Cortado é muito pequena, evidenciado sua estagnação.
- Figura 22. Arranjo A1: séries temporais de valores de elevação de nível de água e módulo da velocidade de correntes nas estações do Canal do Portelo e do Rio Marinho.
    - No Canal do Portelo e Rio Marinho, repetem-se os mesmos padrões observados no Canal do Cortado. Isto é, amplitudes de maré 96% inferiores às do mar e correntes muito fracas, típicas de canais estagnados.
- Figura 23. Arranjo A1: séries temporais de valores de elevação de nível de água e módulo da velocidade de correntes na estação do Canal do Urubu.
    - No Canal do Urubu, ocorre a mesma estagnação verificada no Canal Cortado, Rio Marinho e Canal do Portelo, com amplitudes de maré 96% inferiores às do mar e correntes muito fracas denotando estagnação.
- Figura 24. Arranjo A1: séries temporais de valores de elevação de nível de água e módulo da velocidade de correntes na estação da Lagoa de Marapendi.
    - Na Lagoa de Marapendi a redução das amplitudes de maré é ainda mais forte que nas Lagoas da Tijuca e Jacarepaguá. Na sizígia, em comparação com as amplitudes no mar, cf. Figura 14, verifica-se uma redução de 98% na Lagoa de Marapendi.
    - A intensidade das correntes na Lagoa é muito pequena, o que é usual para uma redução da energia das marés tão drástica, mas isso é não desejável.
- Figura 25. Arranjo A1: séries temporais de valores de elevação de nível de água e módulo da velocidade de correntes nas estações do Canal das Taxas Leste e Oeste.
    - No Canal das Taxas, as amplitudes de maré são praticamente idênticas às verificadas na Lagoa de Marapendi, apresentando uma redução superior a 98% em comparação com as amplitudes no mar, cf. Figura 14.
    - A intensidade das correntes no Canal das Taxas é muito pequena, evidenciado sua completa estagnação.

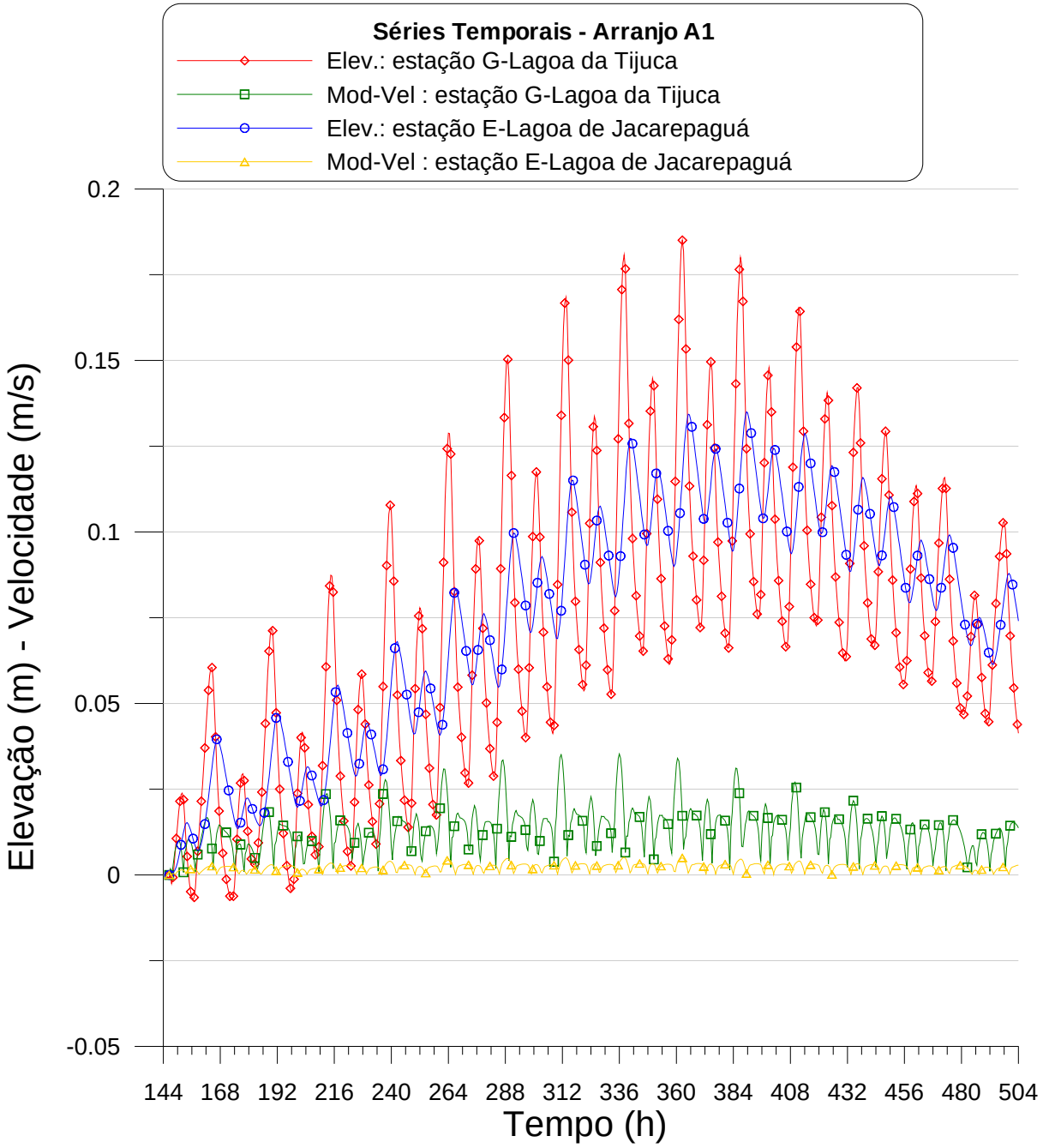


Figura 20. Arranjo A1: séries temporais de valores de elevação de nível de água e módulo da velocidade de correntes nas estações da Lagoa da Tijuca e da Lagoa de Jacarepaguá.

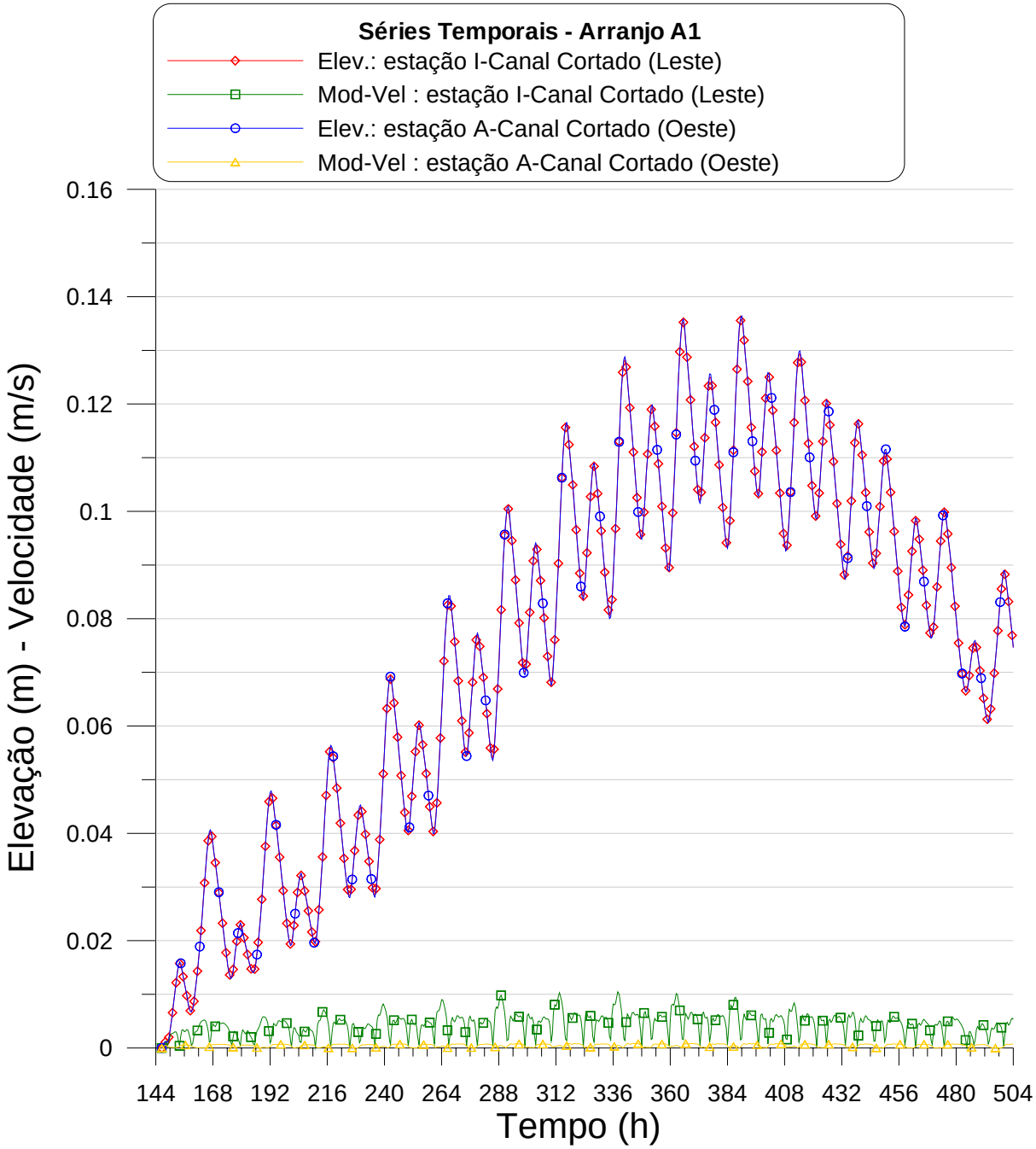


Figura 21. Arranjo A1: séries temporais de valores de elevação de nível de água e módulo da velocidade de correntes nas estações do Canal Cortado Leste e Oeste.

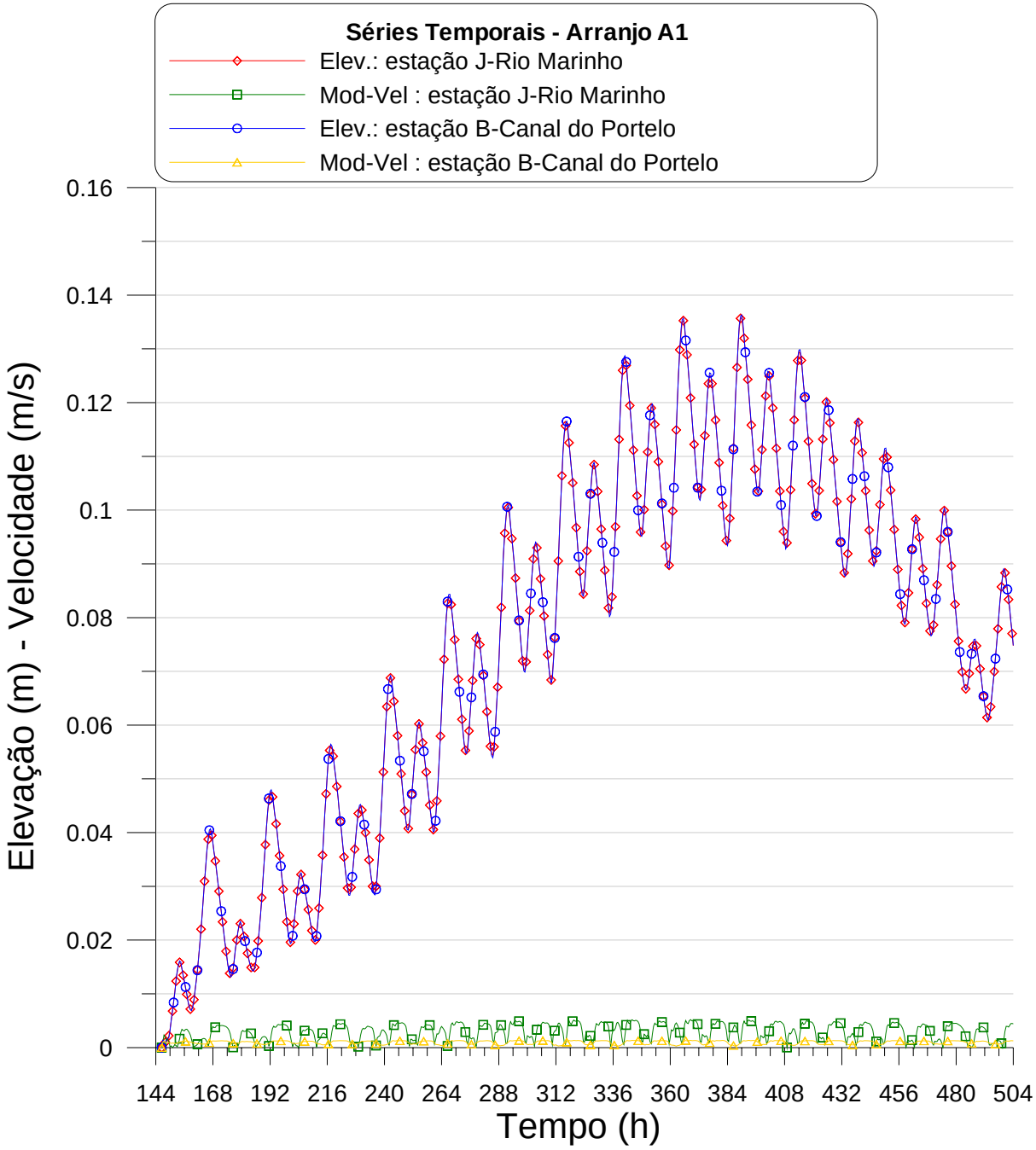


Figura 22. Arranjo A1: séries temporais de valores de elevação de nível de água e módulo da velocidade de correntes nas estações do Canal do Portelo e do Rio Marinho.

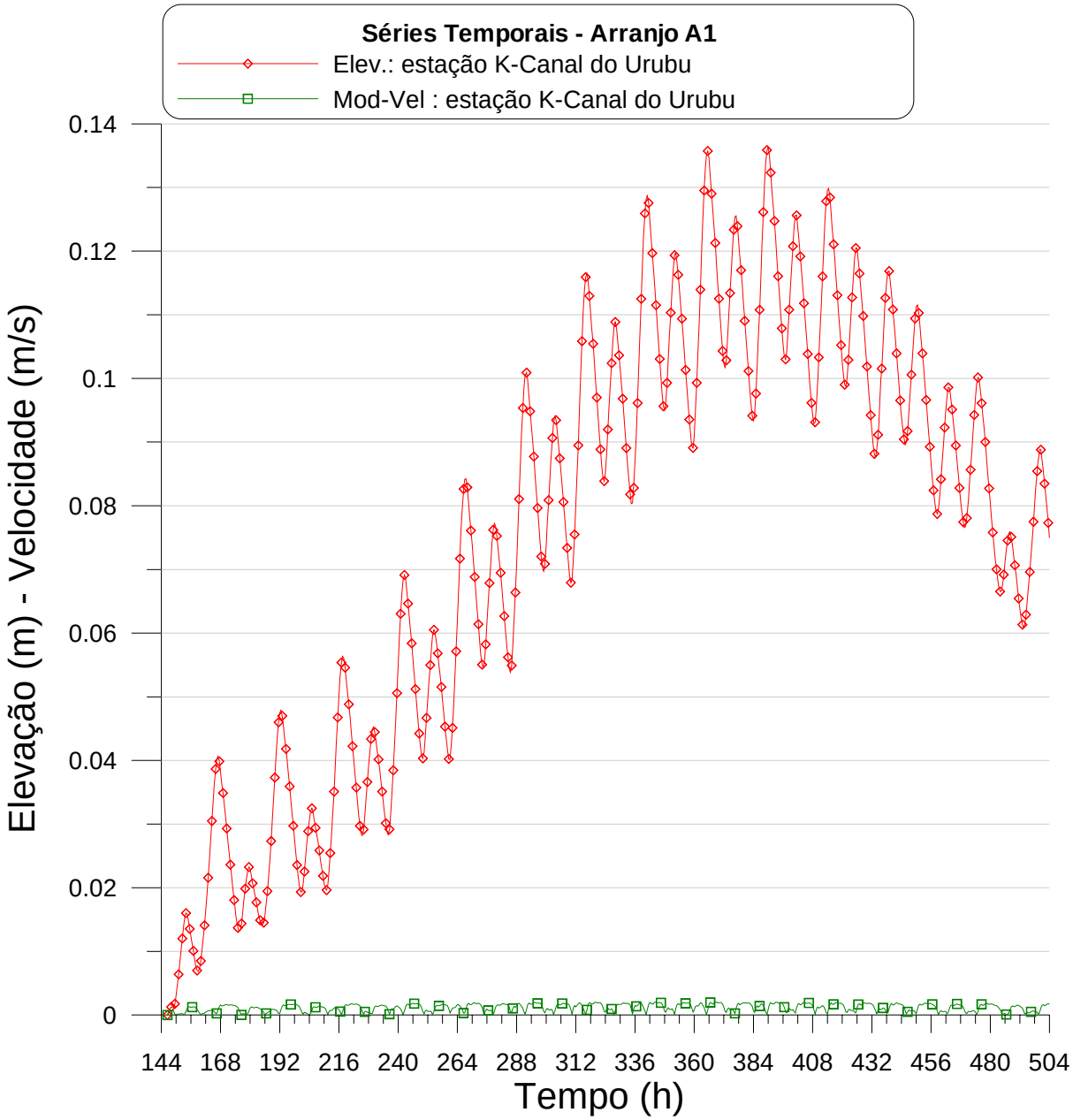


Figura 23. Arranjo A1: séries temporais de valores de elevação de nível de água e módulo da velocidade de correntes na estação do Canal do Urubu.

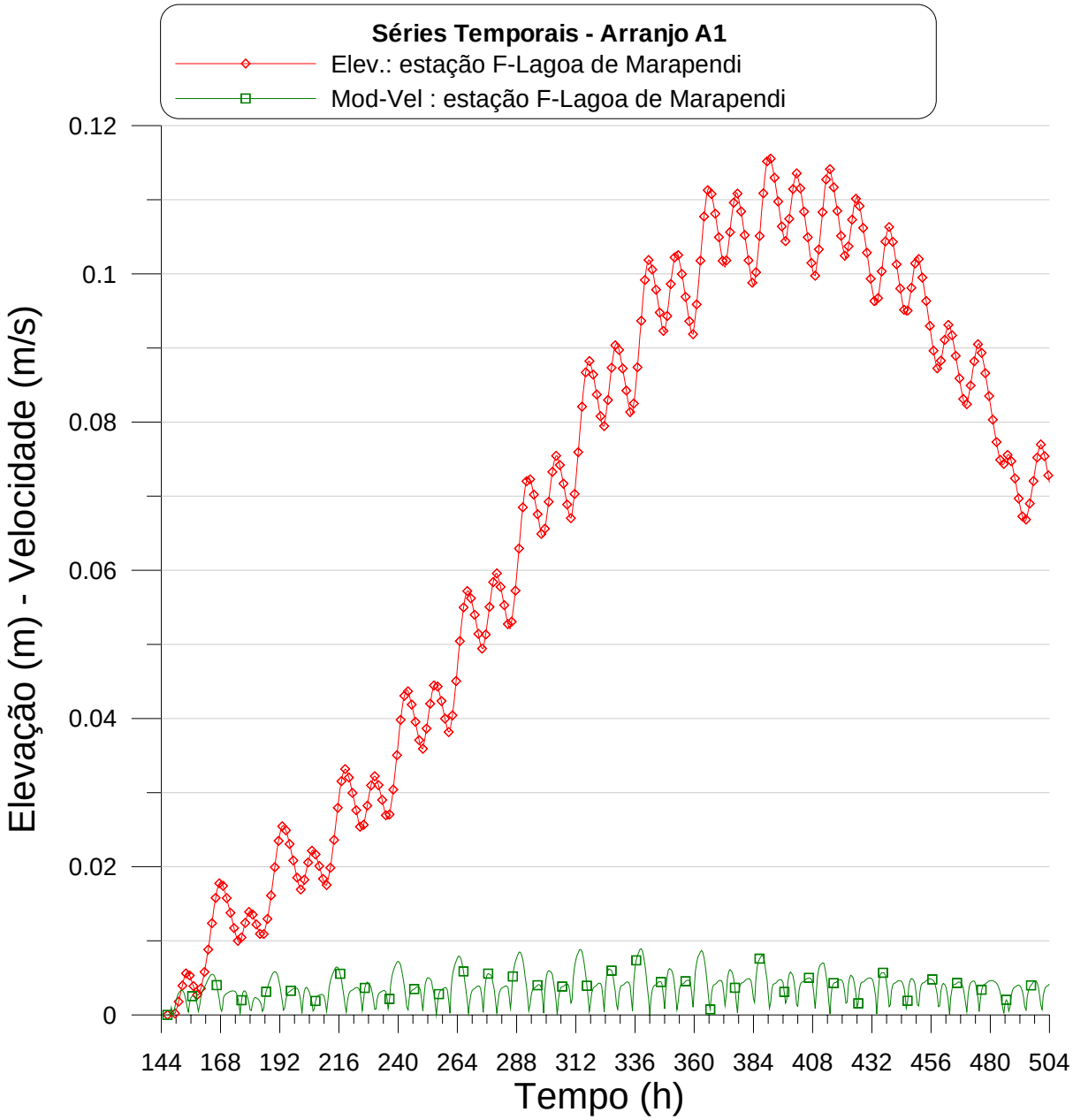


Figura 24. Arranjo A1: séries temporais de valores de elevação de nível de água e módulo da velocidade de correntes na estação da Lagoa de Marapendi.

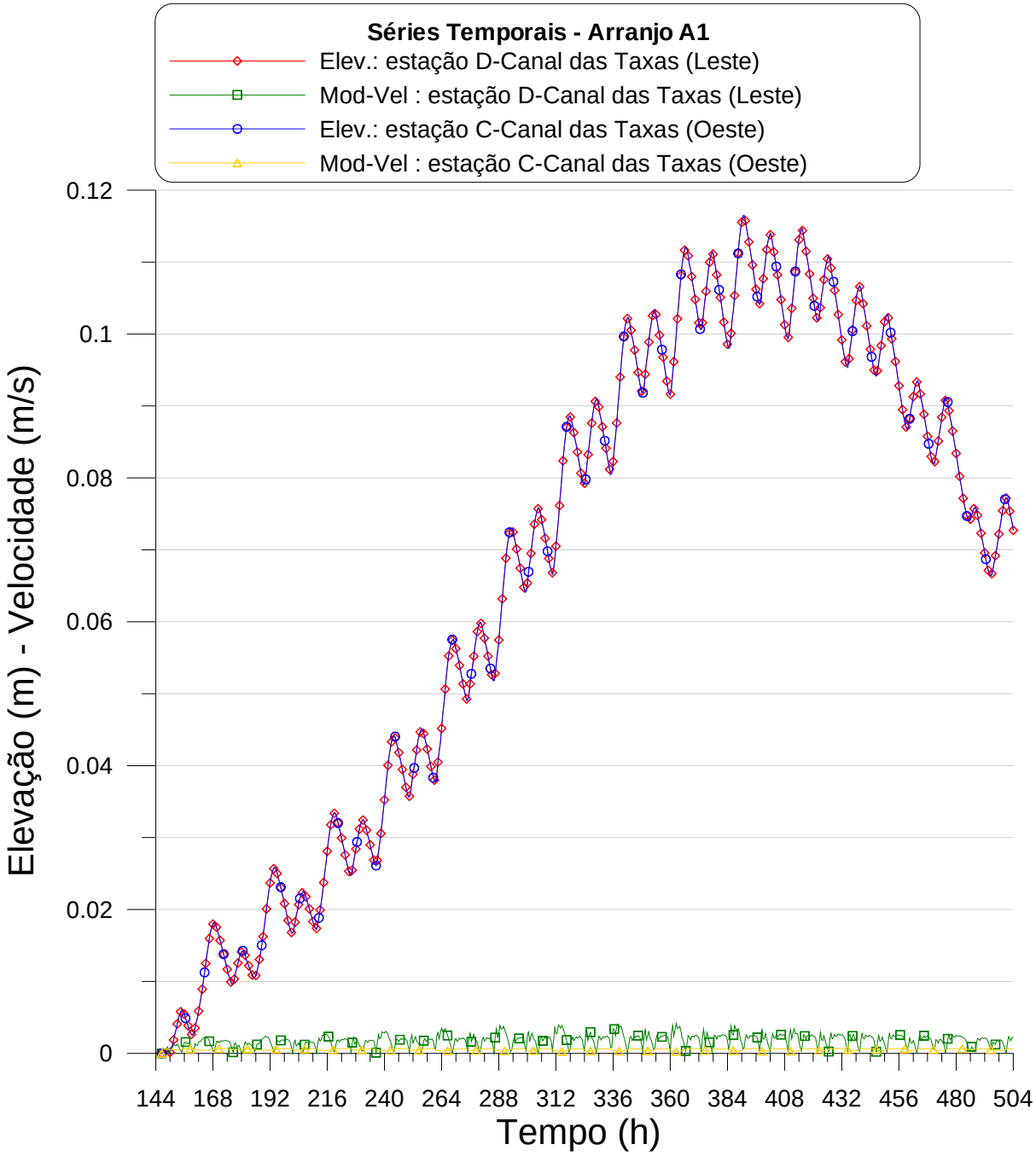


Figura 25. Arranjo A1: séries temporais de valores de elevação de nível de água e módulo da velocidade de correntes nas estações do Canal das Taxas Leste e Oeste.

6.2. Resultados para o arranjo A2

Para o arranjo hidráulico A2, a Figura 26 apresenta a localização das estações nas quais gravou-se resultados de níveis de água, intensidade e direção de correntes ao longo do tempo. Para efeito de comparação com os valores de níveis de água gravados em estações internas, os valores de níveis de água no mar estão apresentados na Figura 14.

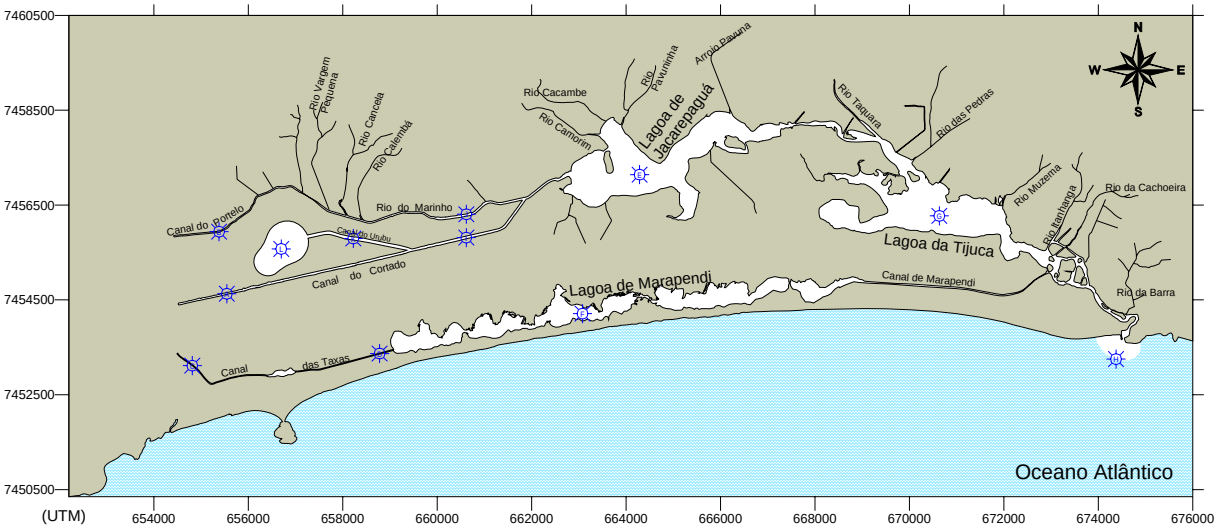


Figura 26. Mapa de posicionamento das estações para o arranjo hidráulico A2. Nos pontos onde estão as estações foram gravados valores de níveis de água e correntes ao longo do tempo.

6.2.1. Mapas Ilustrativos para o arranjo A2

Para o arranjo A2, apresenta-se os seguintes mapas com o intuito de ilustrar os resultados obtidos:

1. Mapa de níveis de água em instante de preamar na embocadura, na Figura 27.
2. Mapa de vetores de velocidade e respectivo mapa de isolinhas de módulo de velocidade de correntes em instante de preamar na embocadura, na duas estampas da Figura 28.
3. Mapa de níveis de água em instante de baixamar na embocadura, na Figura 29.
4. Mapa de vetores de velocidade e respectivo mapa de isolinhas de módulo de velocidade de correntes em instante de baixamar na embocadura, na duas estampas da Figura 30.

Destaca-se os seguintes pontos:

- Através das diferentes cores representando níveis de água pode-se verificar as diferentes fases de maré nos diversos recintos do sistema.
- O Canal Cortado, Rio Marinho e Canal do Portelo a montante da Lagoa de Jacarepaguá, variam seus níveis praticamente em fase com a Lagoa de Jacarepaguá, mantendo aproximadamente as mesmas elevações.
- A nova Lagoa VC apresenta nível pouco abaixo da Lagoa de Jacarepaguá, influenciando o Canal do Urubu, e ampliando as velocidades na parte Leste do Canal Cortado.
- O Canal das Taxas, a montante da Lagoa de Marapendi, varia seu nível praticamente em fase com a Lagoa, mantendo aproximadamente as mesmas elevações da Lagoa.
- Como esperado, nos estrangulamentos entre grandes massas de água, e.g. Canal da Joatinga e Camorim, verifica-se fortes gradientes de nível de água, e conseqüentemente correntes mais intensas.

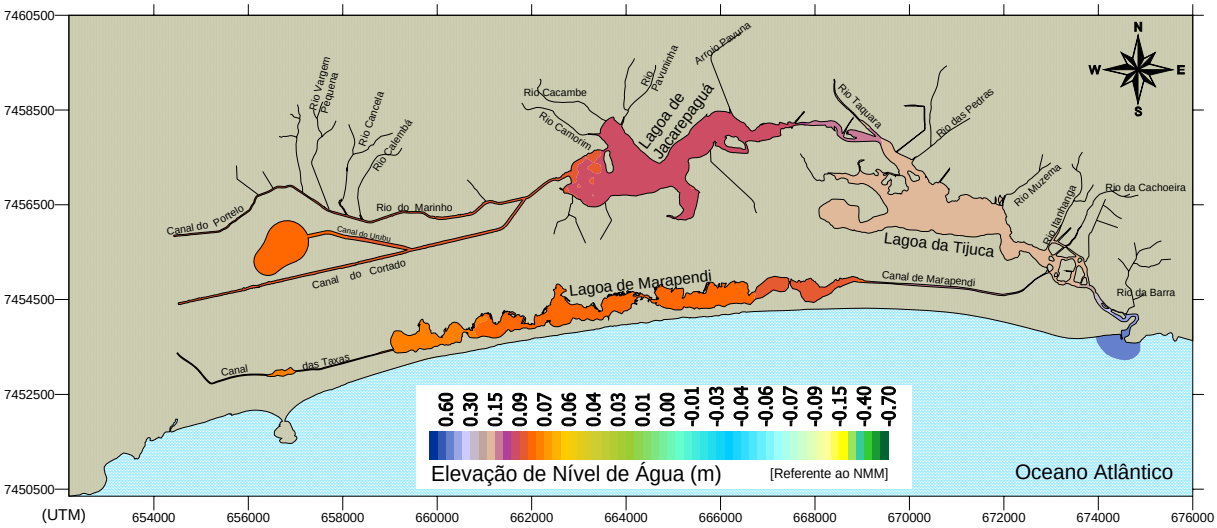


Figura 27. Arranjo A2: Mapa ilustrativo de variação de níveis de água em situação de preamar típica de sizígia na embocadura.

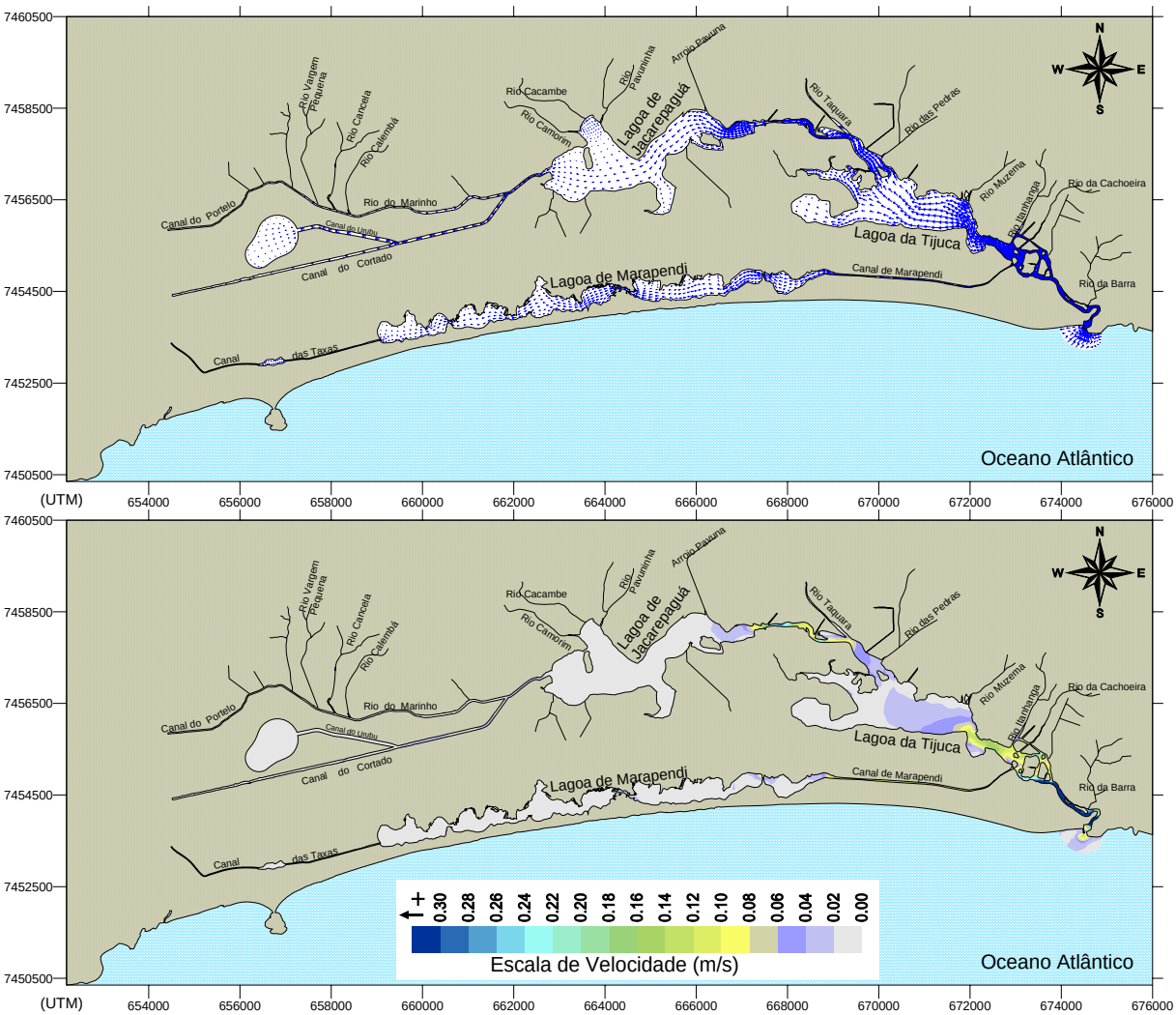


Figura 28. Arranjo A2: Mapas ilustrativos de padrão de correntes em instante de preamar típica de sizígia na embocadura. Estampa superior mostra setas indicativas da direção do escoamento e estampa inferior indica magnitude das velocidades.

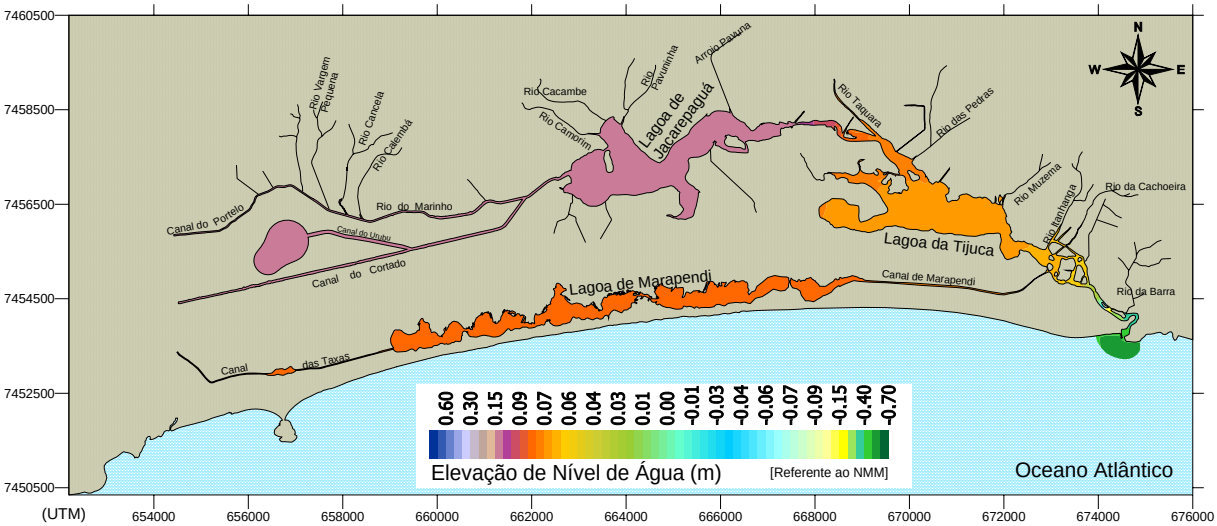


Figura 29. Arranjo A2: Mapa ilustrativo de variação de níveis de água em situação de baixamar típica de sizígia na embocadura.

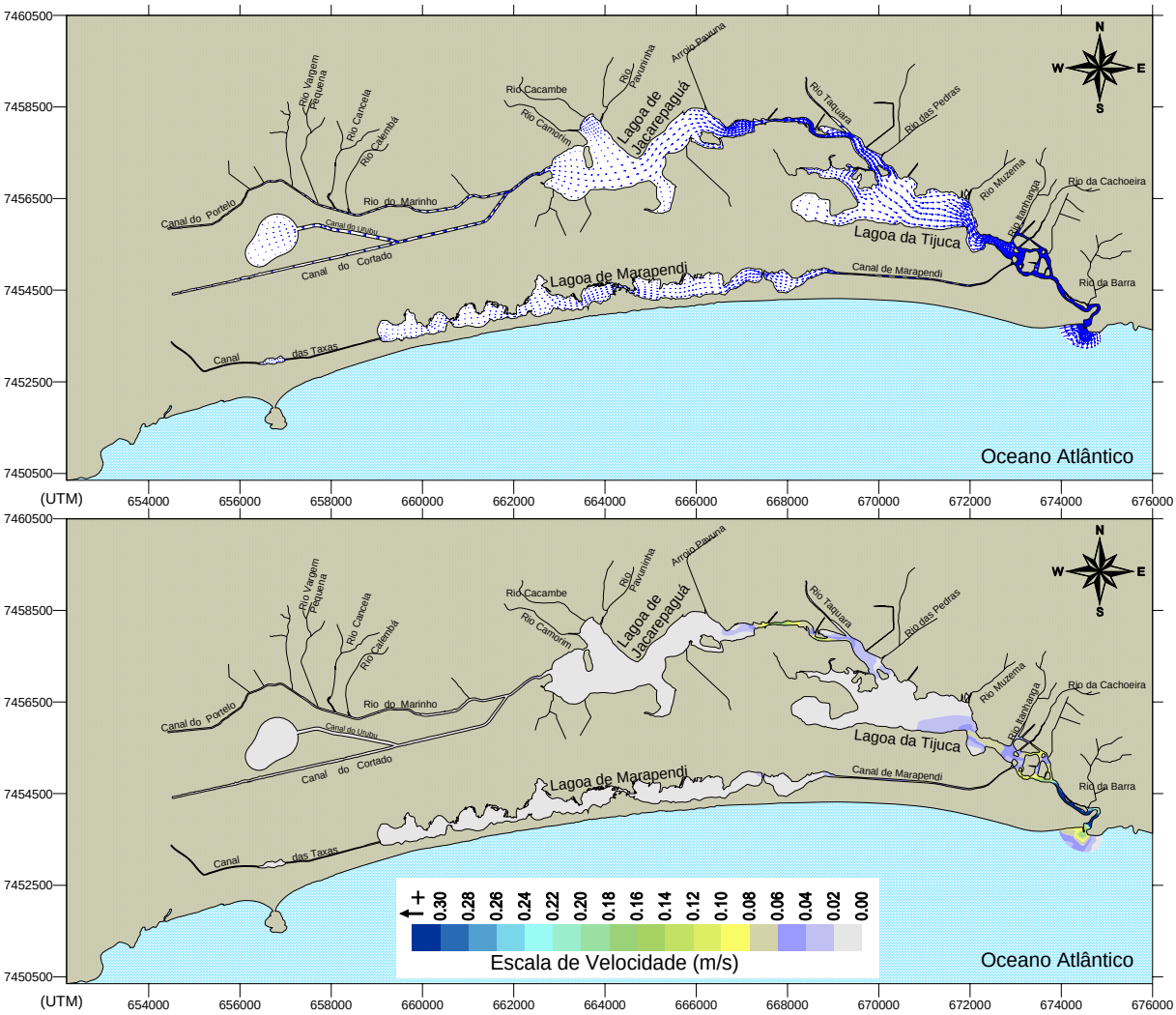


Figura 30. Arranjo A2: Mapas ilustrativos de padrão de correntes em instante de baixamar típica de sizígia na embocadura. Estampa superior mostra setas indicativas da direção do escoamento e estampa inferior indica magnitude das velocidades.

6.2.2. Gráficos de séries temporais – Arranjo A2

Através dos gráficos a seguir pode-se ter uma idéia mais quantitativa a respeito de níveis de água e intensidade de correntes em estações ao longo dos diferentes recintos. A localização das estações no Arranjo A2 é apresentada na Figura 26.

Para este caso são apresentados os seguintes gráficos, nos quais destaca-se:

- Figura 31. Arranjo A2: séries temporais de valores de elevação de nível de água e módulo da velocidade de correntes nas estações da Lagoa da Tijuca e da Lagoa de Jacarepaguá.
    - Como no arranjo A1, verifica-se o forte abatimento das amplitudes de maré nas Lagoas. Na sizígia, em comparação com as amplitudes no mar, cf. Figura 14, verifica-se uma redução de quase 90% na Lagoa da Tijuca, e superior a 95% na Lagoa de Jacarepaguá.
    - A intensidade das correntes em ambas as lagoas é muito pequena, o que é usual, mas não desejável.
- Figura 32. Arranjo A2: séries temporais de valores de elevação de nível de água e módulo da velocidade de correntes nas estações do Canal Cortado Leste e Oeste.
    - No Canal Cortado, as amplitudes de maré são praticamente idênticas às verificadas na Lagoa de Jacarepaguá, apresentando uma redução superior a 95% em comparação com as amplitudes no mar, cf. Figura 14.
    - A intensidade das correntes no Canal Cortado é muito pequena, evidenciado sua estagnação.
- Figura 33. Arranjo A2: séries temporais de valores de elevação de nível de água e módulo da velocidade de correntes nas estações do Canal do Portelo e do Rio Marinho.
    - No Canal do Portelo e Rio Marinho, repetem-se os mesmos padrões observados no Canal do Cortado. Isto é, amplitudes de maré 96% inferiores às do mar e correntes muito fracas, típicas de canais estagnados.
- Figura 34. Arranjo A2: séries temporais de valores de elevação de nível de água e módulo da velocidade de correntes nas estações do Canal do Urubu e da Lagoa VC.
    - A Lagoa VC e o Canal do Urubu apresentam variações de nível semelhantes às da Lagoa de Jacarepaguá, sendo um pouco menores na Lagoa VC.
    - Com a Lagoa VC, a intensidade das correntes no Canal do Urubu fica um pouco maior.
    - A Lagoa VC, apresenta praticamente a mesma estagnação verificada no Canal Cortado, Rio Marinho e Canal do Portelo, com amplitudes de maré 96% inferiores às do mar em situação de sizígia, e correntes muito fracas denotando estagnação.
- Figura 35. Arranjo A2: séries temporais de valores de elevação de nível de água e módulo da velocidade de correntes na estação da Lagoa de Marapendi.
    - Semelhante ao verificado no caso A1, na Lagoa de Marapendi a redução das amplitudes de maré é ainda mais forte que nas Lagoas da Tijuca e Jacarepaguá. Em situações de marés de sizígia ocorrem reduções de 98% na amplitude das mares da Lagoa de Marapendi, em comparação com as amplitudes no mar, cf. Figura 14.
    - A intensidade das correntes na Lagoa é muito pequena, o que é usual para uma redução da energia das marés tão drástica, mas isso é não desejável.
- Figura 36. Arranjo A2: séries temporais de valores de elevação de nível de água e módulo da velocidade de correntes nas estações do Canal das Taxas Leste e Oeste.
    - No Canal das Taxas, as amplitudes de maré são praticamente idênticas às verificadas na Lagoa de Marapendi, apresentando uma redução superior a 98% em comparação com as amplitudes no mar, cf. Figura 14.

- A intensidade das correntes no Canal das Taxas é muito pequena, evidenciado sua completa estagnação.

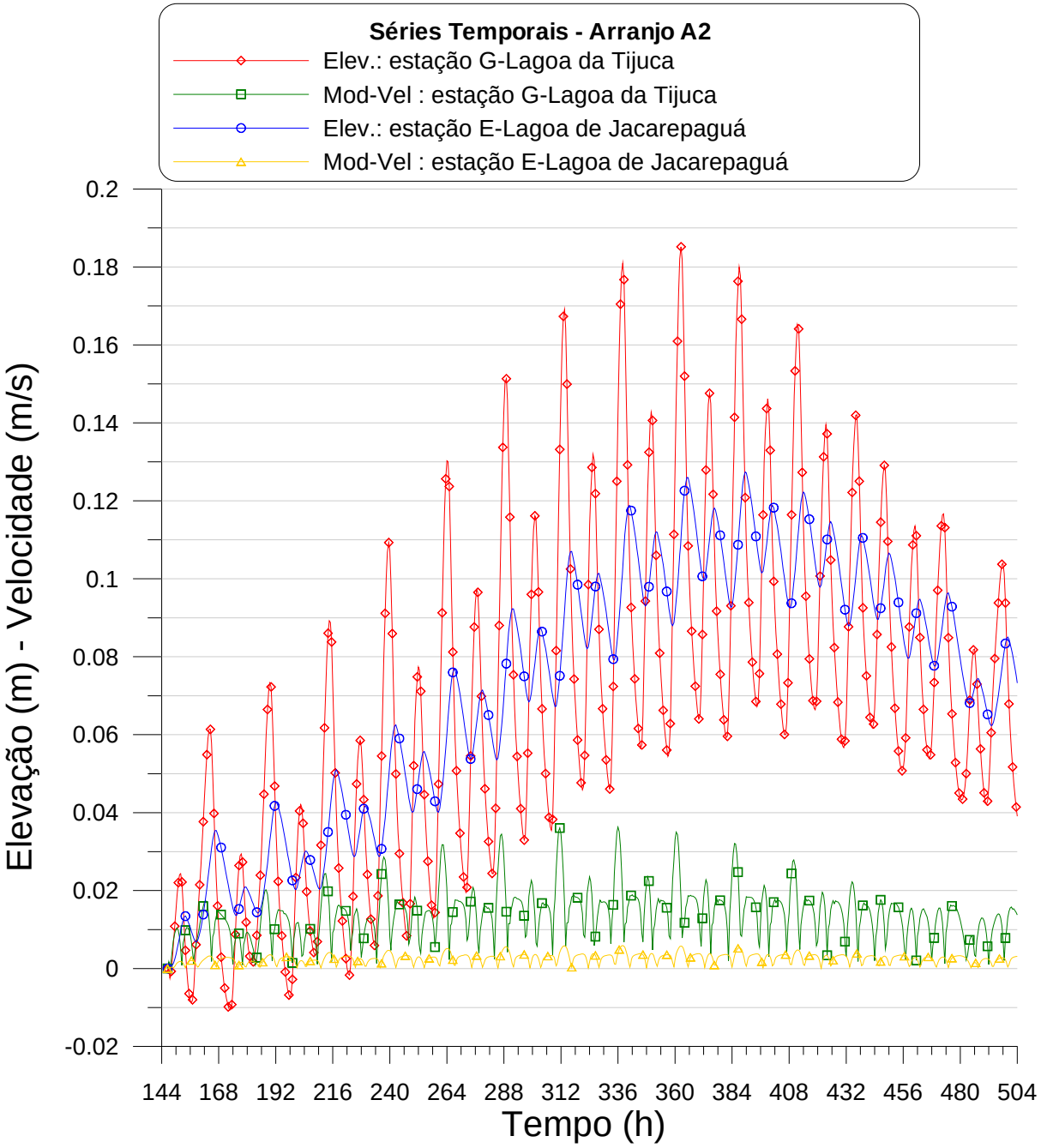


Figura 31. Arranjo A2: séries temporais de valores de elevação de nível de água e módulo da velocidade de correntes nas estações da Lagoa da Tijuca e da Lagoa de Jacarepaguá.

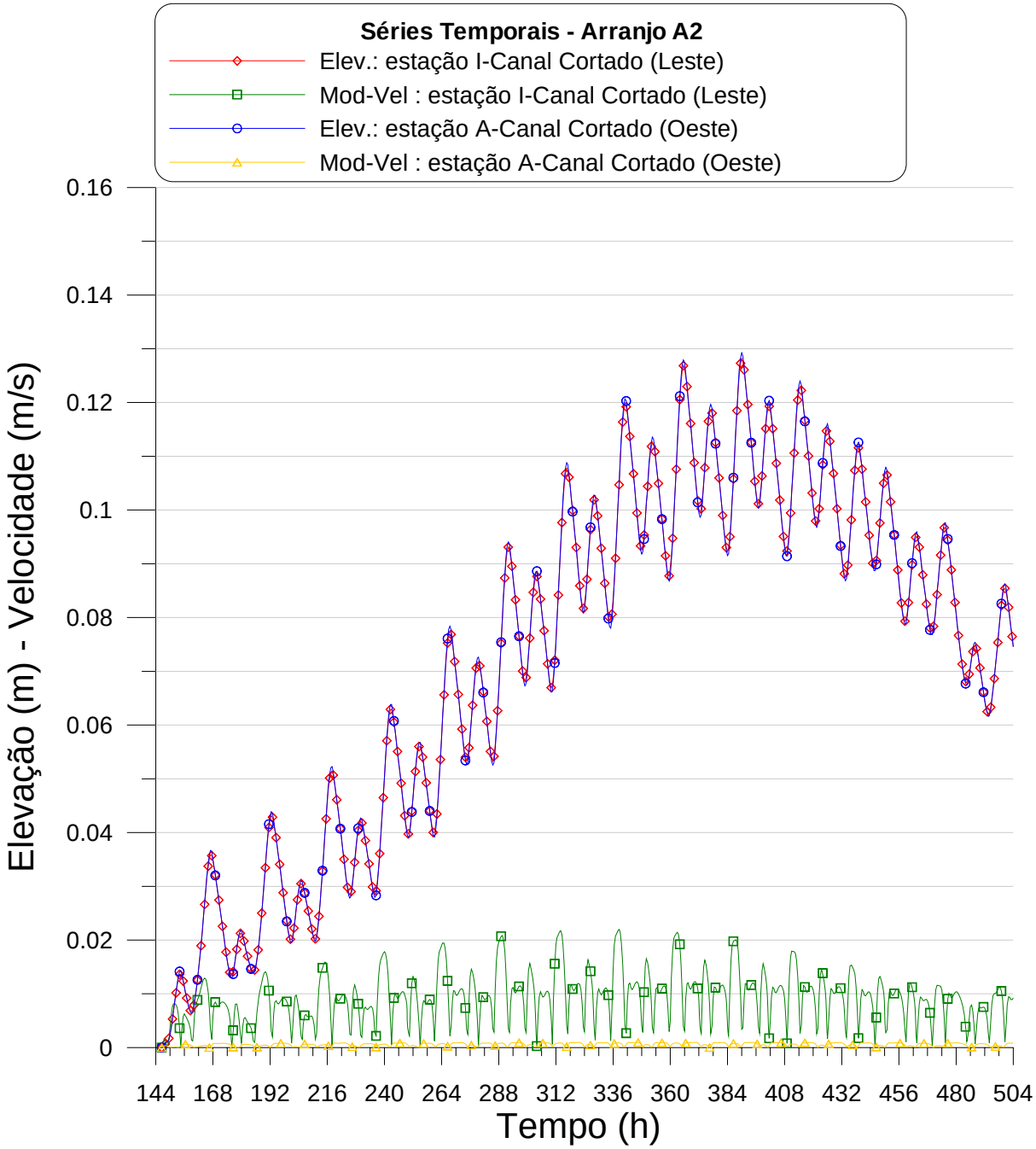


Figura 32. Arranjo A2: séries temporais de valores de elevação de nível de água e módulo da velocidade de correntes nas estações do Canal Cortado Leste e Oeste.

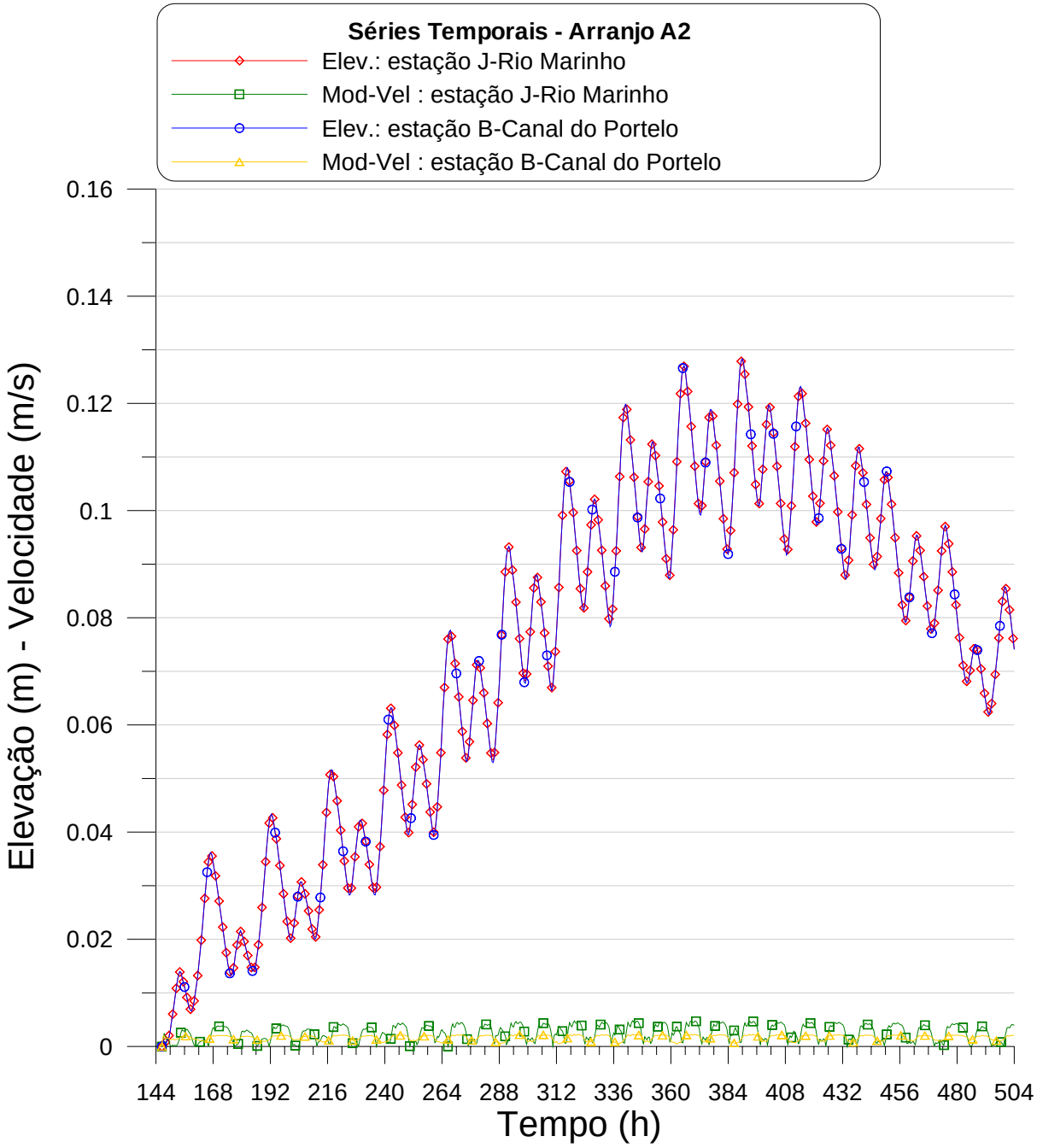


Figura 33. Arranjo A2: séries temporais de valores de elevação de nível de água e módulo da velocidade de correntes nas estações do Canal do Portelo e do Rio Marinho.

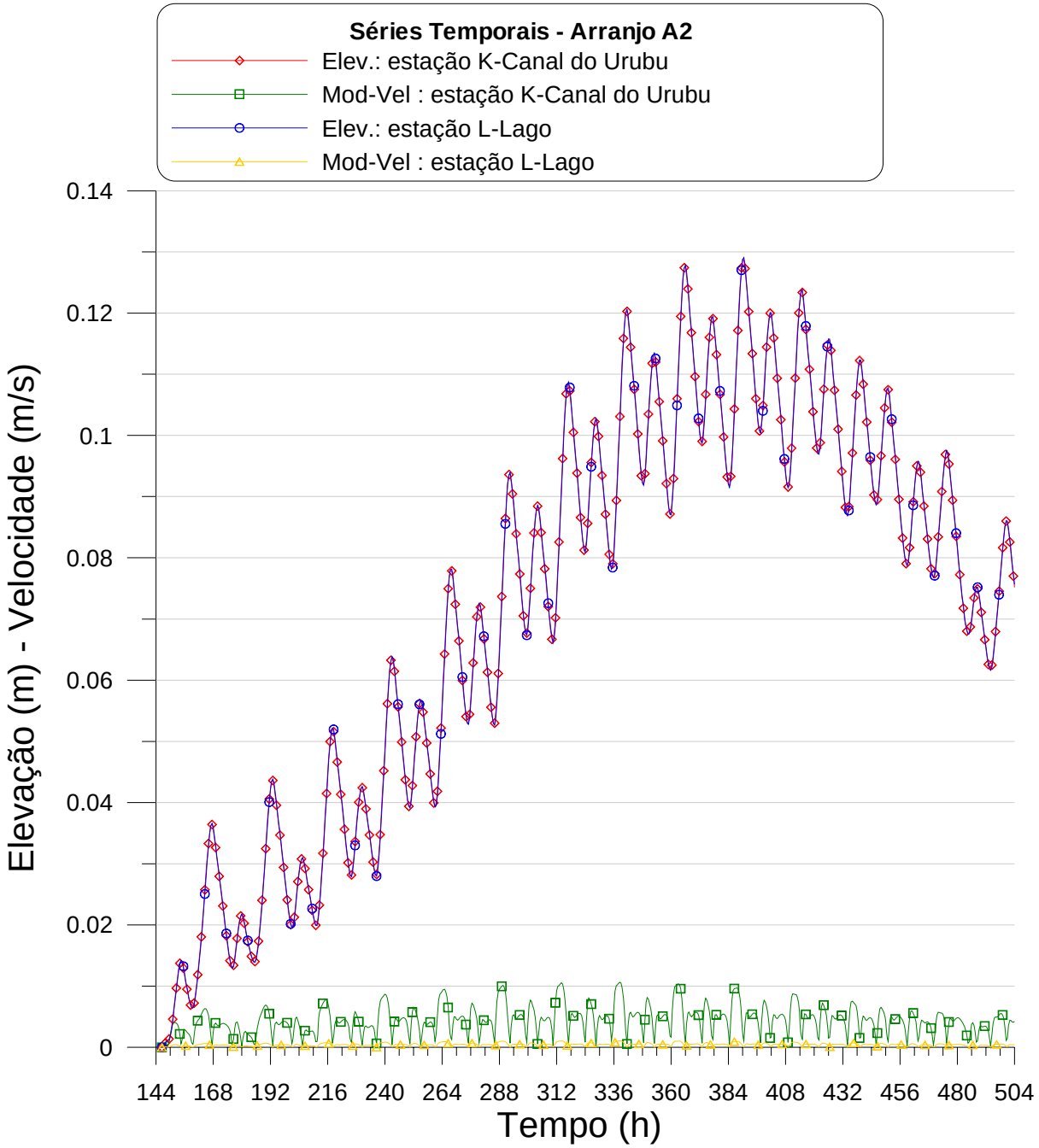


Figura 34. Arranjo A2: séries temporais de valores de elevação de nível de água e módulo da velocidade de correntes nas estações do Canal do Urubu e da Lagoa VC.

Nota: Na Legenda acima a Lagoa VC é referenciada como “estação L-Lago”

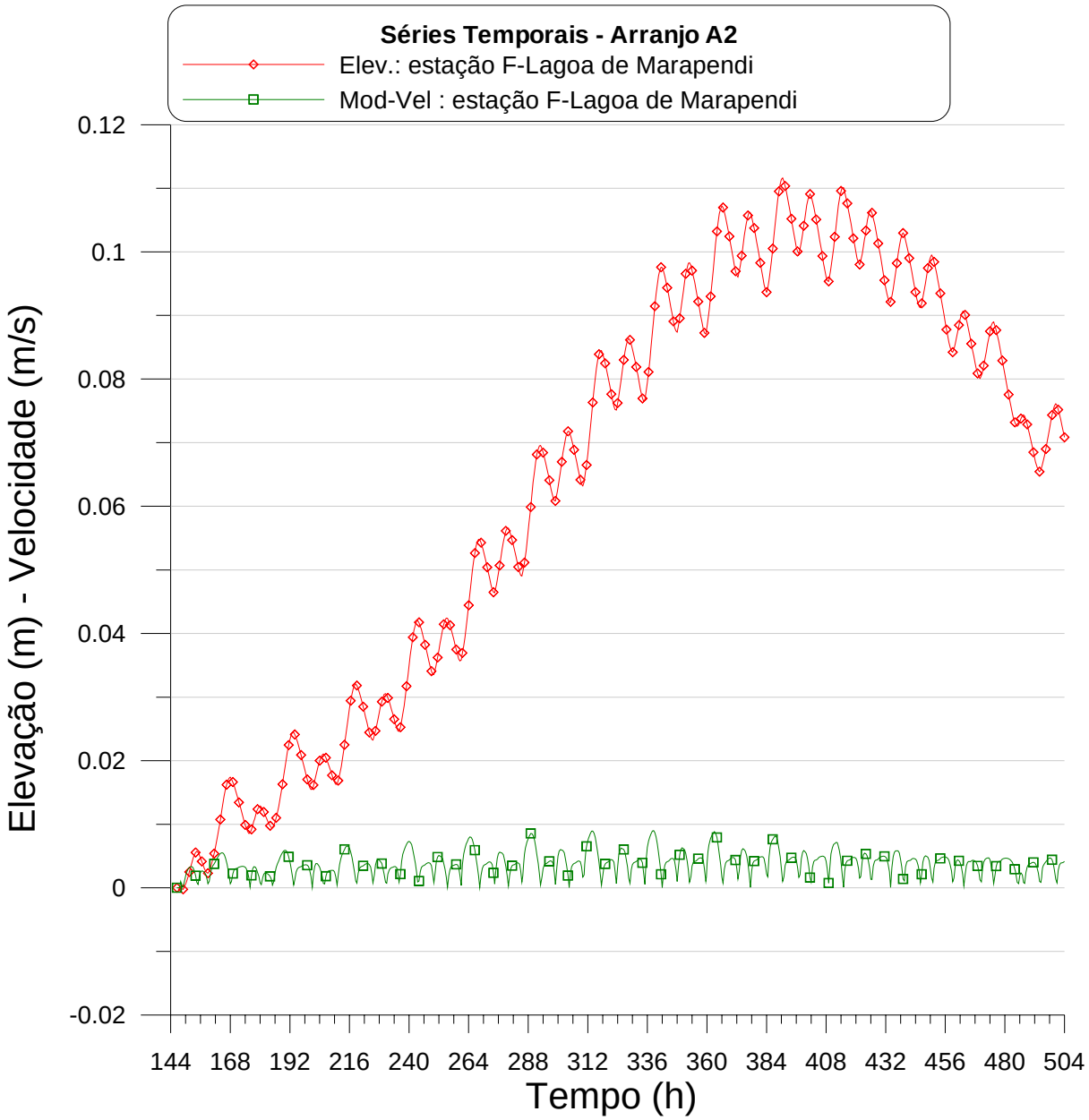


Figura 35. Arranjo A2: séries temporais de valores de elevação de nível de água e módulo da velocidade de correntes na estação da Lagoa de Marapendi.

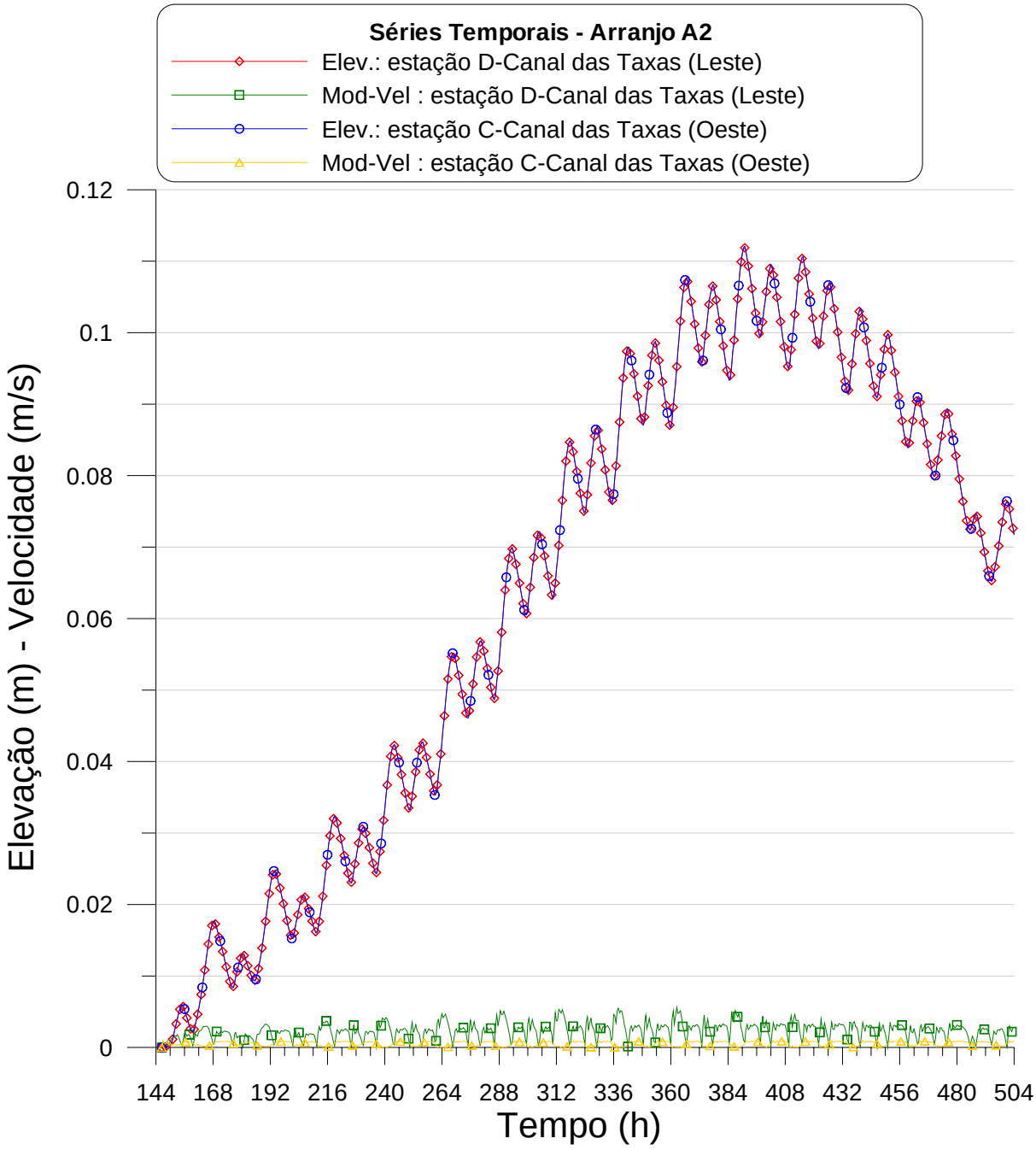


Figura 36. Arranjo A2: séries temporais de valores de elevação de nível de água e módulo da velocidade de correntes nas estações do Canal das Taxas Leste e Oeste.

6.3. Resultados para o arranjo A3

Para o arranjo hidráulico A3, a Figura 37 apresenta a localização das estações nas quais gravou-se resultados de níveis de água, intensidade e direção de correntes ao longo do tempo. Para efeito de comparação com os valores de níveis de água gravados em estações internas, os valores de níveis de água no mar estão apresentados na Figura 14.

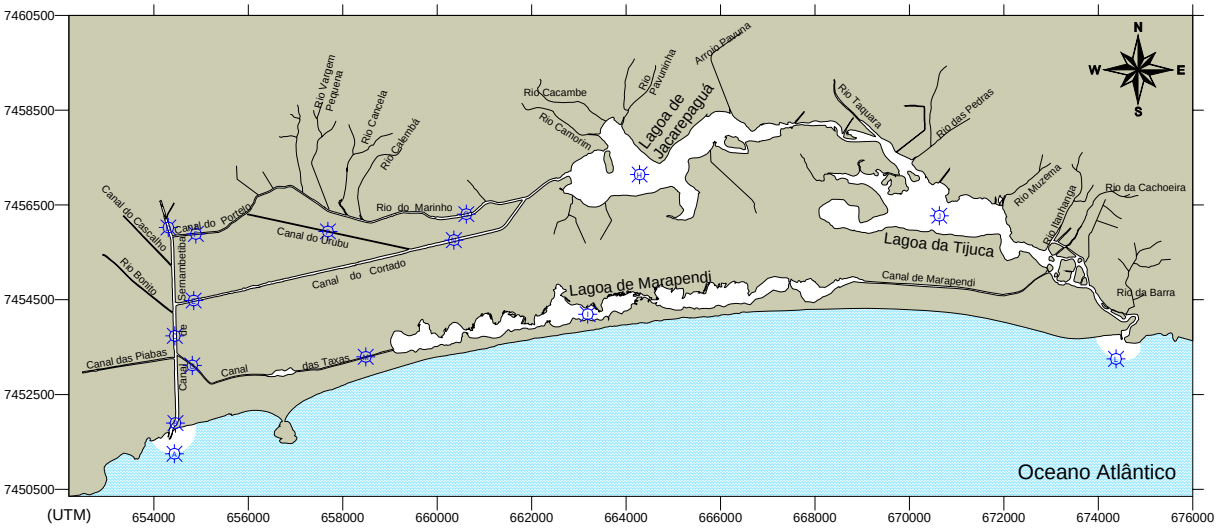


Figura 37. Mapa de posicionamento das estações para o arranjo hidráulico A3. Nos pontos onde estão as estações foram gravados valores de níveis de água e correntes ao longo do tempo.

6.3.1. Mapas Ilustrativos para o arranjo A3

Para o arranjo A3, apresenta-se os seguintes mapas com o intuito de ilustrar os resultados obtidos:

1. Mapa de níveis de água em instante de preamar na embocadura, na Figura 38.
2. Mapa de vetores de velocidade e respectivo mapa de isolinhas de módulo de velocidade de correntes em instante de preamar na embocadura, nas duas estampas da Figura 39.
3. Mapa de níveis de água em instante de baixamar na embocadura, na Figura 40.
4. Mapa de vetores de velocidade e respectivo mapa de isolinhas de módulo de velocidade de correntes em instante de baixamar na embocadura, nas duas estampas da Figura 41.

Analisando tais mapas, destacam-se os seguintes pontos:

- Através das diferentes cores representando níveis de água pode-se verificar as diferentes fases de maré nos diversos recintos do sistema. Comparando-se os mapas do arranjo A3, com os mapas dos casos A1 e A2, nota-se significativa mudança.
- As correntes nos canais a montante da Lagoa de Jacarepaguá passam a ser muito mais intensas, na medida que se interligam com o Canal de Sernambetiba.
- O mesmo se verifica no Canal das Taxas, que passa a ligar a Lagoa de Marapendi com o Canal de Sernambetiba.
- Em todo o sistema, as amplitudes de maré e intensidades de correntes ficam significativamente maiores. Isso é muito positivo, pois mostra melhor circulação e troca de águas entre os diferentes recintos, propiciando melhores condições para boa qualidade ambiental.

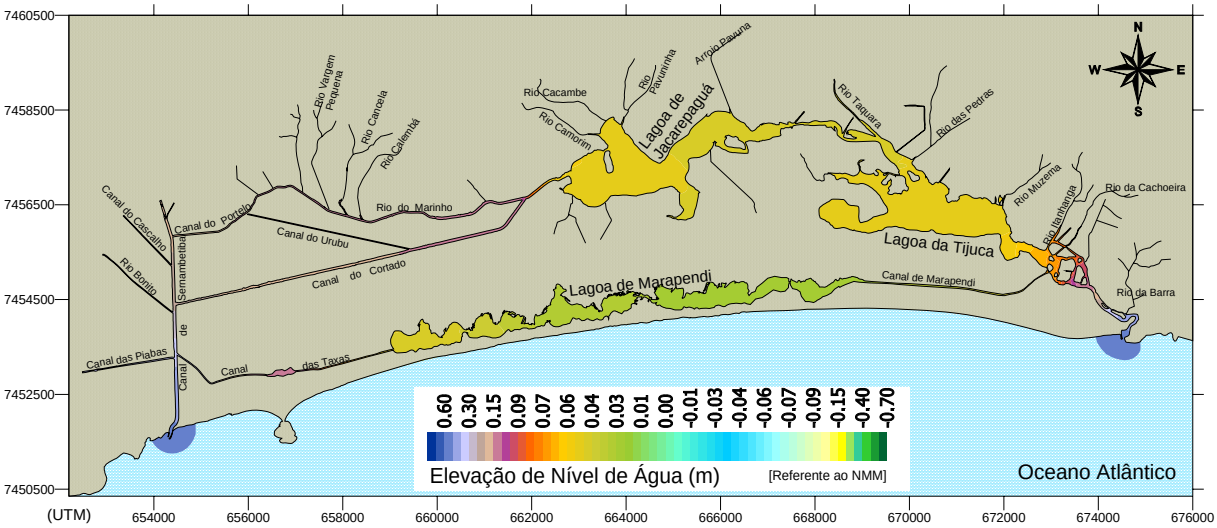


Figura 38. Arranjo A3: Mapa ilustrativo de variação de níveis de água em situação de preamar típica de sizígia na embocadura.

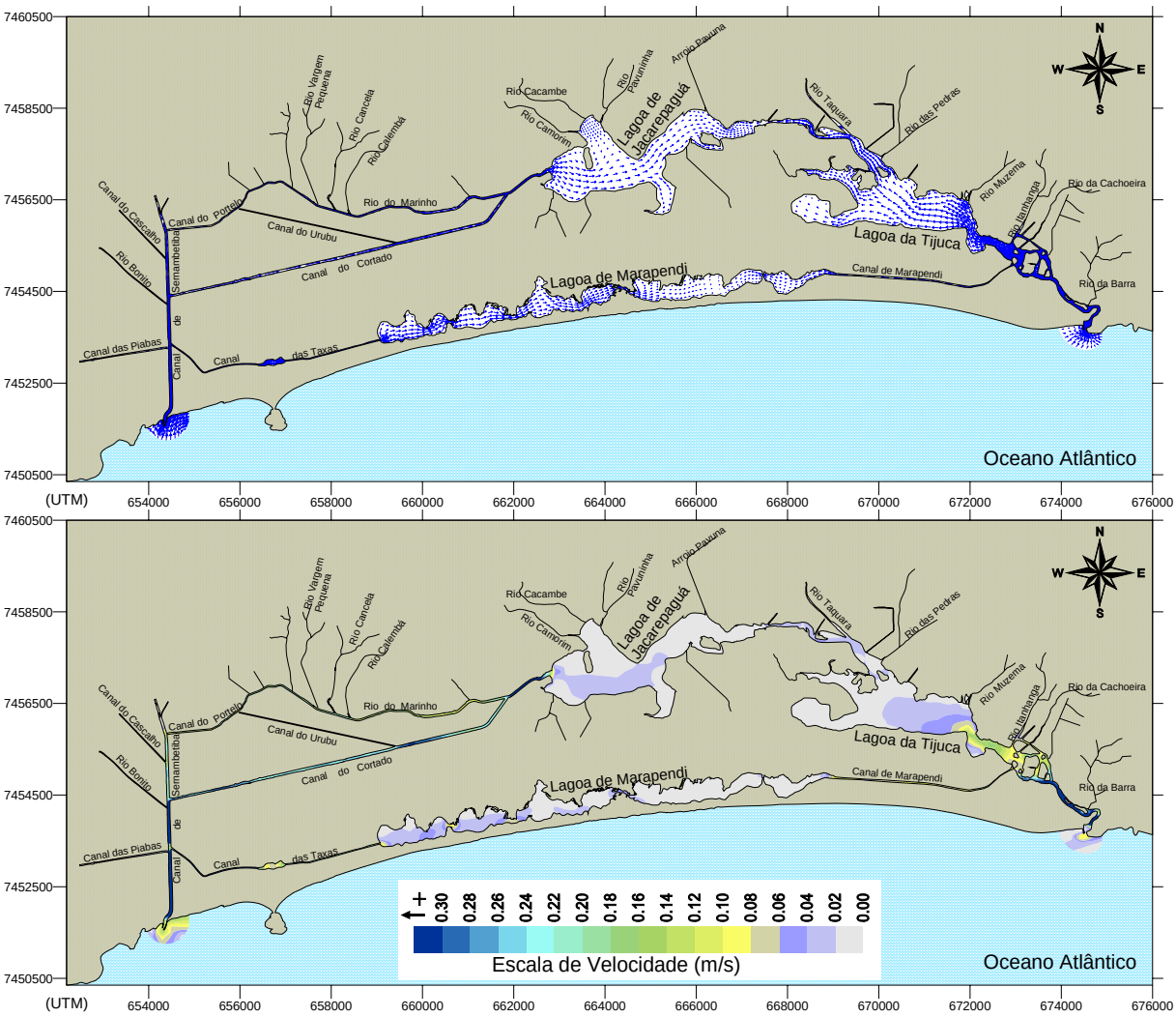


Figura 39. Arranjo A3: Mapas ilustrativos de padrão de correntes em instante de preamar típica de sizígia na embocadura. Estampa superior mostra setas indicativas da direção do escoamento e estampa inferior indica magnitude das velocidades.

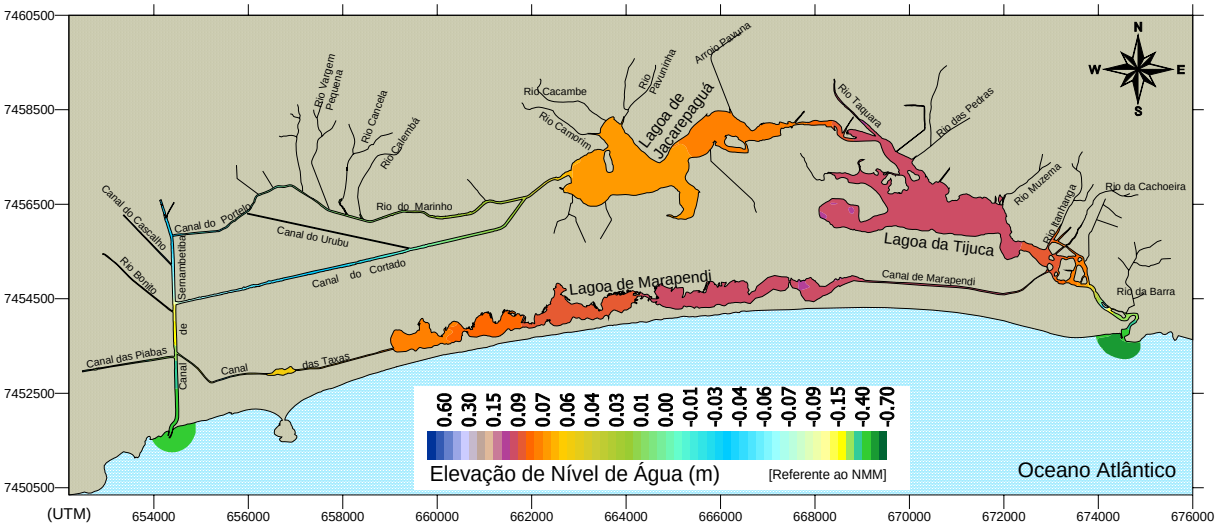


Figura 40. Arranjo A3: Mapa ilustrativo de variação de níveis de água em situação de baixamar típica de sizígia na embocadura.

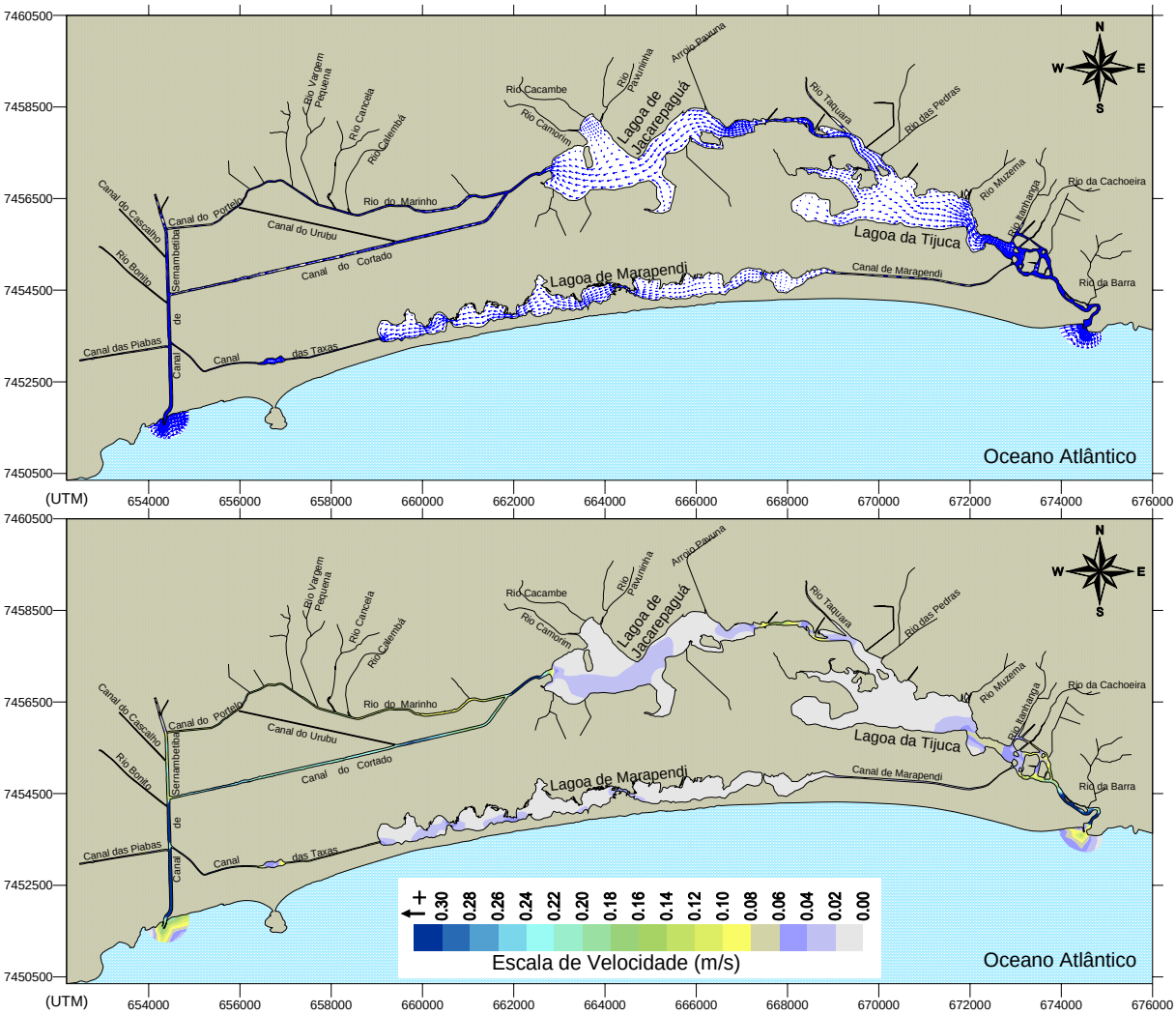


Figura 41. Arranjo A3: Mapas ilustrativos de padrão de correntes em instante de baixamar típica de sizígia na embocadura. Estampa superior mostra setas indicativas da direção do escoamento e estampa inferior indica magnitude das velocidades.

6.3.2. Gráficos de séries temporais – Arranjo A3

Através dos gráficos a seguir pode-se ter uma idéia mais quantitativa a respeito de níveis de água e intensidade de correntes em estações ao longo dos diferentes recintos. A localização das estações no Arranjo A3 é apresentada na Figura 37.

Para este caso são apresentados os seguintes gráficos, nos quais destaca-se:

- Figura 42. Arranjo A3: séries temporais de valores de elevação de nível de água nas estações da Lagoa da Tijuca e da Lagoa de Jacarepaguá.
    - Com a interligação do sistema lagunar com o Canal de Sernambetiba, ocorre um forte aumento nas amplitudes de maré, especialmente na Lagoa de Jacarepaguá. Na sizígia, em comparação com as amplitudes no mar, cf. Figura 14, verifica-se agora uma redução de aproximadamente 85% na Lagoa da Tijuca, e de 76% na Lagoa de Jacarepaguá. Comparando as amplitudes de maré na Lagoa de Jacarepaguá para o caso A3, com as dos casos A1 e A2, nota-se uma impressionante ampliação de quase 6 vezes, o que é muito bom.
- Figura 43. Arranjo A3: séries temporais de valores de módulo da velocidade de correntes nas estações da Lagoa da Tijuca e da Lagoa de Jacarepaguá.
    - A intensidade das correntes em ambas as lagoas é ainda pequena, mas cresceu significativamente em relação às verificadas nos casos A1 e A2.
- Figura 44. Arranjo A3: séries temporais de valores de elevação de nível de água nas estações do Canal Cortado Leste e Oeste.
    - No Canal Cortado, as amplitudes de maré crescem muito com sua ligação ao Canal de Sernambetiba. Em comparação com as amplitudes de no mar, cf. Figura 14, a porção Oeste do Canal Cortado passa a ter marés com valores superiores a 35% dos verificados no mar, e a porção Leste com valores superiores a 25%. Ambos muito superiores aos valores da ordem de 3% a 4% que ocorrem para os casos A1 e A2.
- Figura 45. Arranjo A3: séries temporais de valores de módulo da velocidade de correntes nas estações do Canal Cortado Leste e Oeste.
    - A intensidade das correntes no Canal Cortado é muito maior no arranjo A3 do que a verificada com os arranjos A1 e A2. No caso A3 as velocidades médias das correntes são da ordem de 20 cm/s, contra menos de 1 cm/s nos casos A1 e A2.
- Figura 46. Arranjo A3: séries temporais de valores de elevação de nível de água nas estações do Canal do Portelo e do Rio Marinho.
    - No Canal do Portelo e Rio Marinho, repetem-se os mesmos efeitos observados no Canal do Cortado. Isto é, com o arranjo A3 ocorre forte aumento nas amplitudes de maré em comparação com as verificadas nos arranjos A1 e A2.
- Figura 47. Arranjo A3: séries temporais de valores de módulo da velocidade de correntes nas estações do Canal do Portelo e do Rio Marinho.
    - Também no caso das correntes de maré, no Canal do Portelo e Rio Marinho repetem-se os mesmos efeitos observados no Canal do Cortado. No caso A3 as velocidades médias das correntes passam para uma faixa de 10 a 15 cm/s, contra menos de 1 cm/s nos casos A1 e A2.
- Figura 48. Arranjo A3: séries temporais de valores de elevação de nível de água e módulo da velocidade de correntes na estação do Canal do Urubu.
    - Como o Canal do Urubu é apenas um canal interligando o Canal do Portelo ao canal Cortado, apresenta a montante variações de nível semelhantes à do canal Portelo e a jusante à do Canal Cortado.

- A intensidade das correntes no Canal do Urubu fica um pouco maior que no caso A1, mas continua muito baixa, mostrando a estagnação reinante.

- Figura 49. Arranjo A3: séries temporais de valores de elevação de nível de água e módulo da velocidade de correntes na estação da Lagoa de Marapendi.
  - Com a ligação do Canal das Taxas ao Canal de Sernambetiba melhora muito a circulação na Lagoa de Marapendi. As amplitudes de maré crescem em quase 5 vezes quando comparadas com as verificadas nos casos A1 e A2.
  - A intensidade das correntes na Lagoa continua pequena, mas no arranjo A3 é pelo menos 3 vezes maior que a ocorrente nos casos A1 e A2.
- Figura 50. Arranjo A3: séries temporais de valores de elevação de nível de água nas estações do Canal das Taxas Leste e Oeste.
  - No Canal das Taxas ligado ao Canal de Sernambetiba, as amplitudes de maré são muito maiores que nos casos A1 e A2. No setor Oeste, em marés de sizígia típicas, as amplitudes de crescem de menos de 3 cm para cerca de 50 cm, e no setor Leste, de menos de 3 cm para 15 cm. O desnível verificado causa uma forte e saudável corrente, que acaba com a estagnação e viabiliza a recuperação ambiental da chamada Lagoinha.
- Figura 51. Arranjo A3: séries temporais de valores de módulo da velocidade de correntes nas estações do Canal das Taxas Leste e Oeste.
  - A intensidade das correntes no Canal das Taxas no arranjo A3 passa a ser considerável. Em comparação com os estagnantes valores inferiores a 1cm/s verificadas nos arranjos A1 e A2, no caos A3, as correntes médias passam para 15 cm/s.
- Figura 52. Arranjo A3: séries temporais de valores de elevação de nível de água nas estações do meio e do fim do Canal de Sernambetiba.
  - Com o Canal de Sernambetiba ligado ao sistema lagunar diminuem as amplitudes de maré ao longo do canal, o que é positivo para a drenagem regional.
- Figura 53. Arranjo A3: séries temporais de valores de módulo da velocidade de correntes nas estações do meio e do fim do Canal de Sernambetiba.
  - Com a interligação ao sistema lagunar aumentam muito as velocidades das correntes de enchente e vazante no Canal de Sernambetiba, tornando-o auto-limpante.

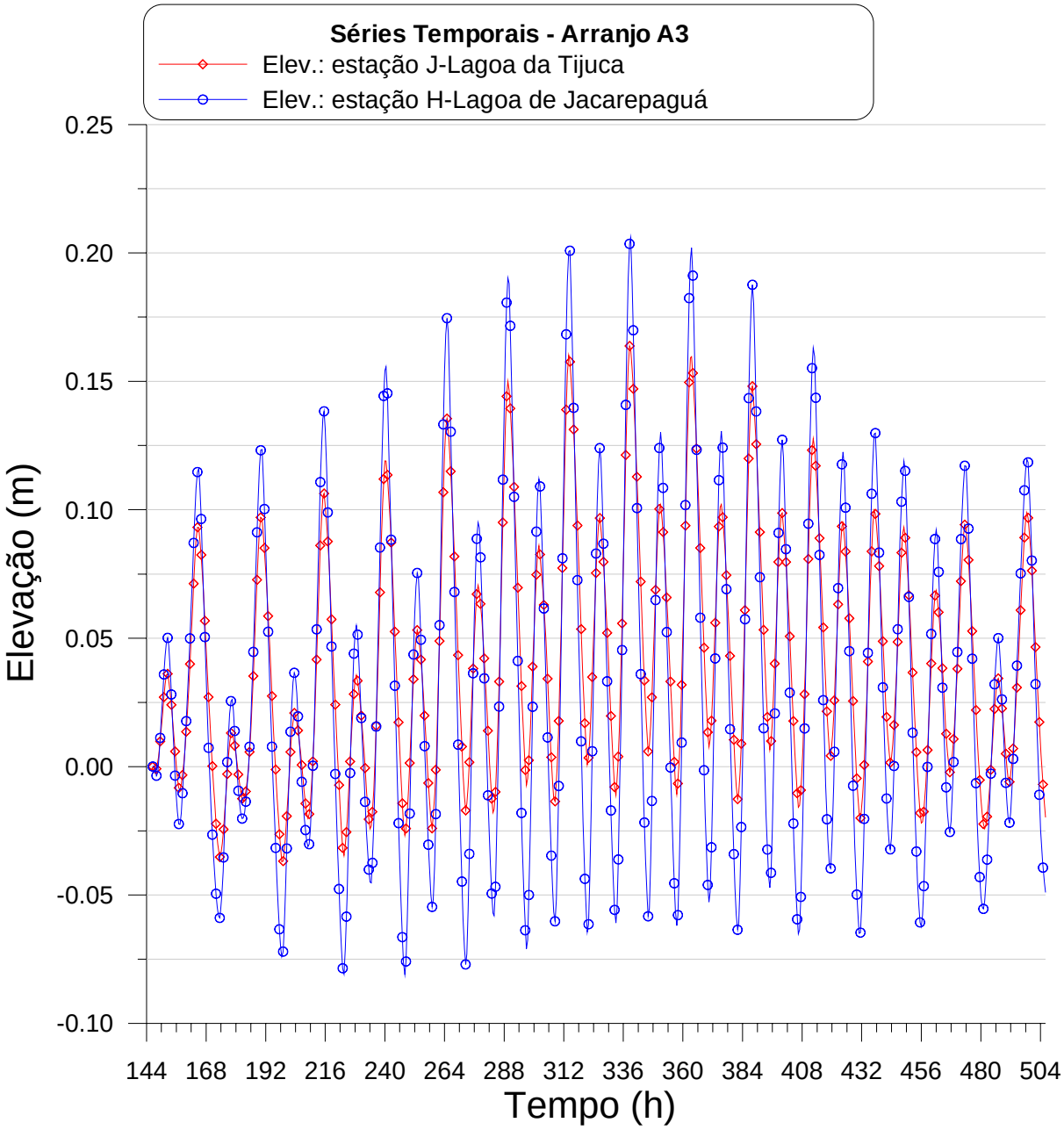


Figura 42. Arranjo A3: séries temporais de valores de elevação de nível de água nas estações da Lagoa da Tijuca e da Lagoa de Jacarepaguá.

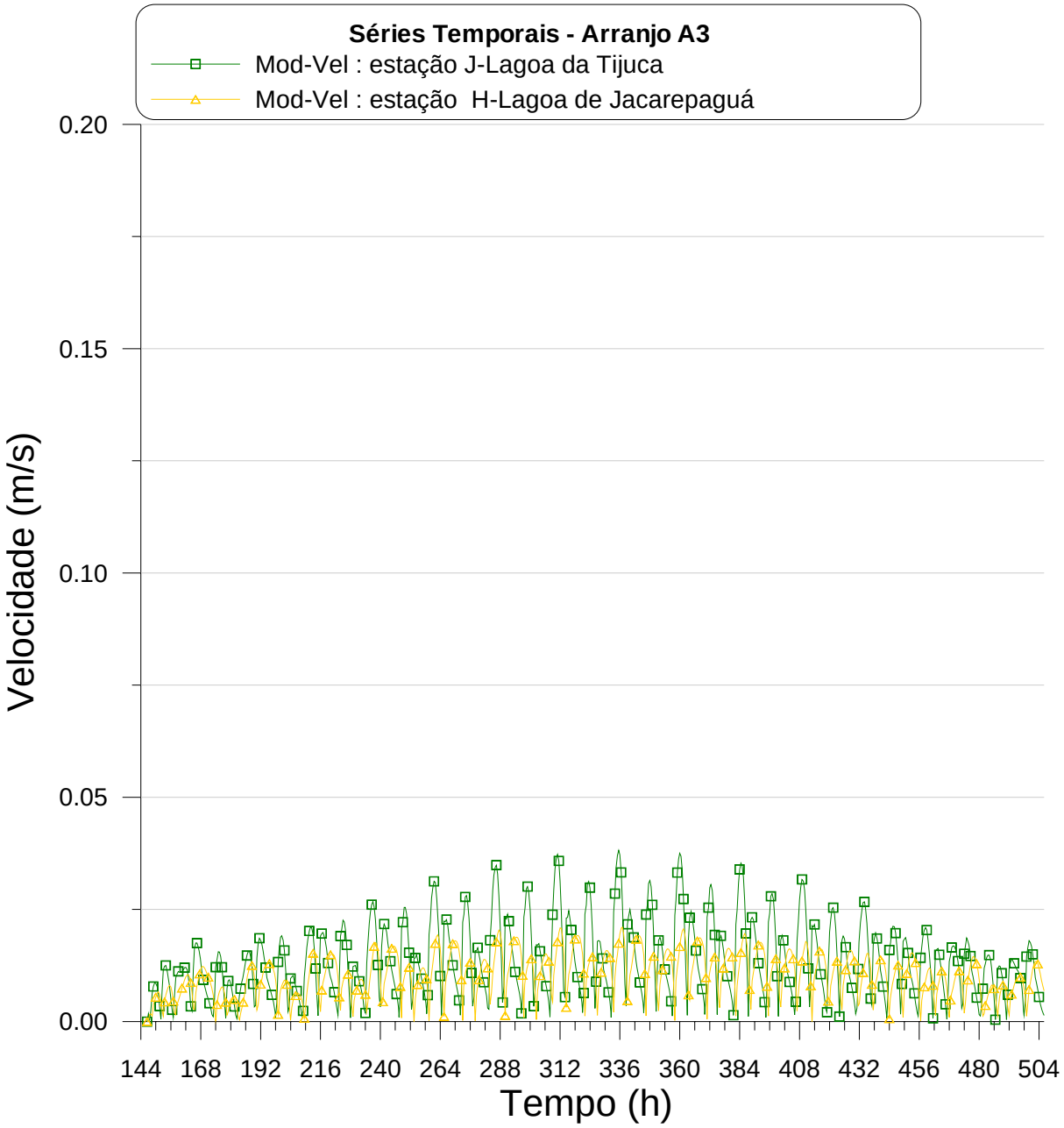


Figura 43. Arranjo A3: séries temporais de valores de módulo da velocidade de correntes nas estações da Lagoa da Tijuca e da Lagoa de Jacarepaguá.

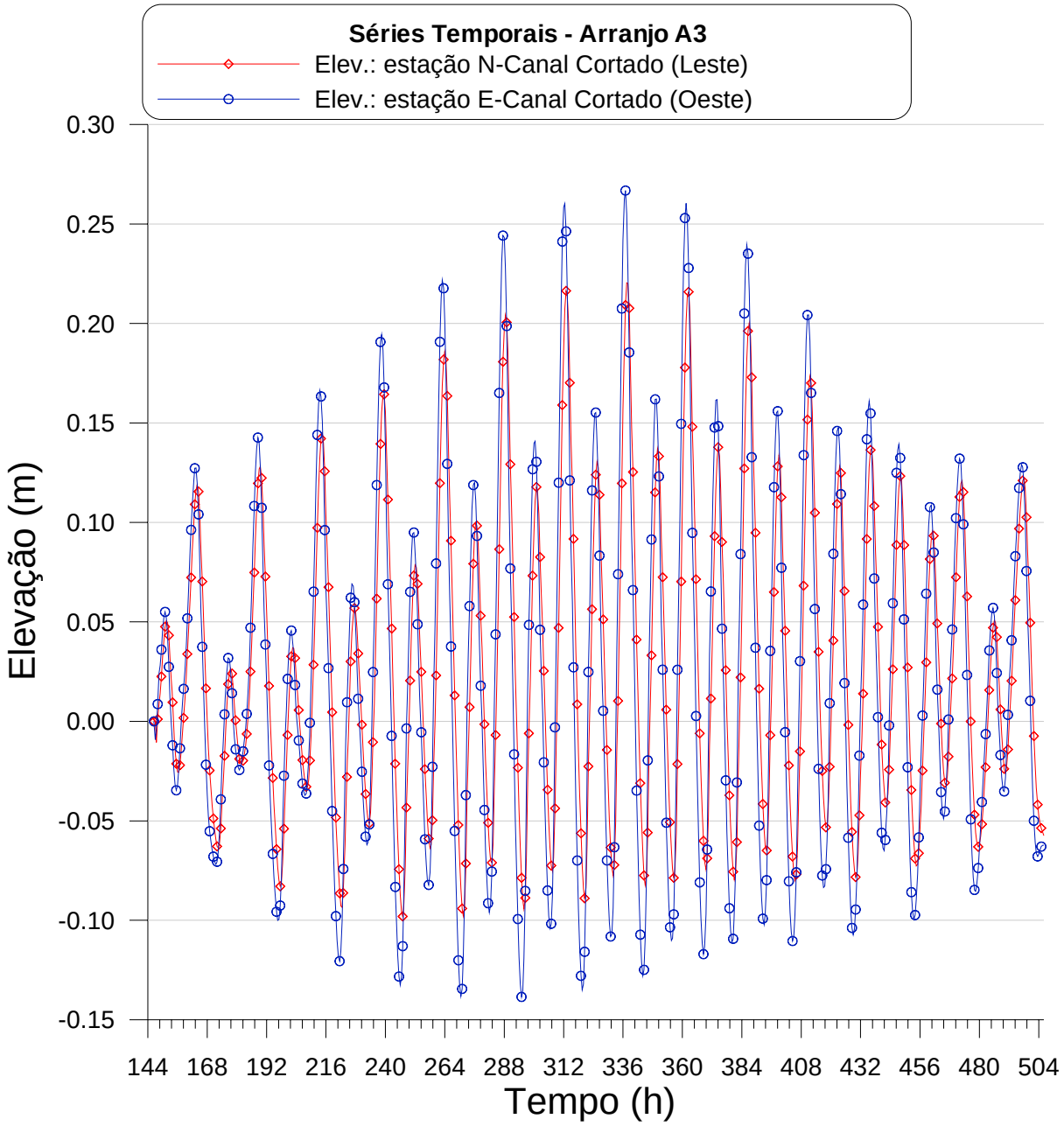


Figura 44. Arranjo A3: séries temporais de valores de elevação de nível de água nas estações do Canal Cortado Leste e Oeste.

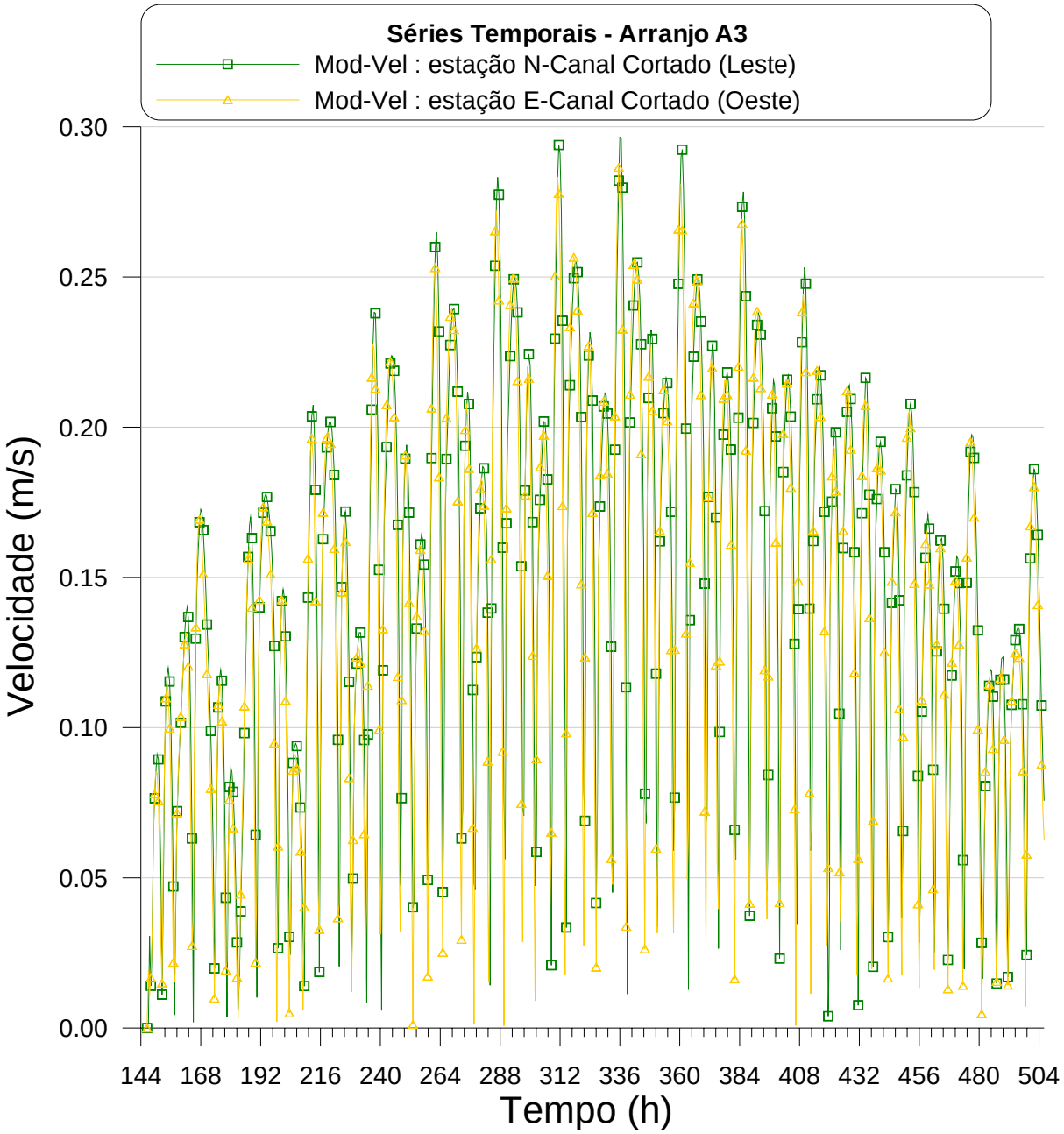


Figura 45. Arranjo A3: séries temporais de valores de módulo da velocidade de correntes nas estações do Canal Cortado Leste e Oeste.

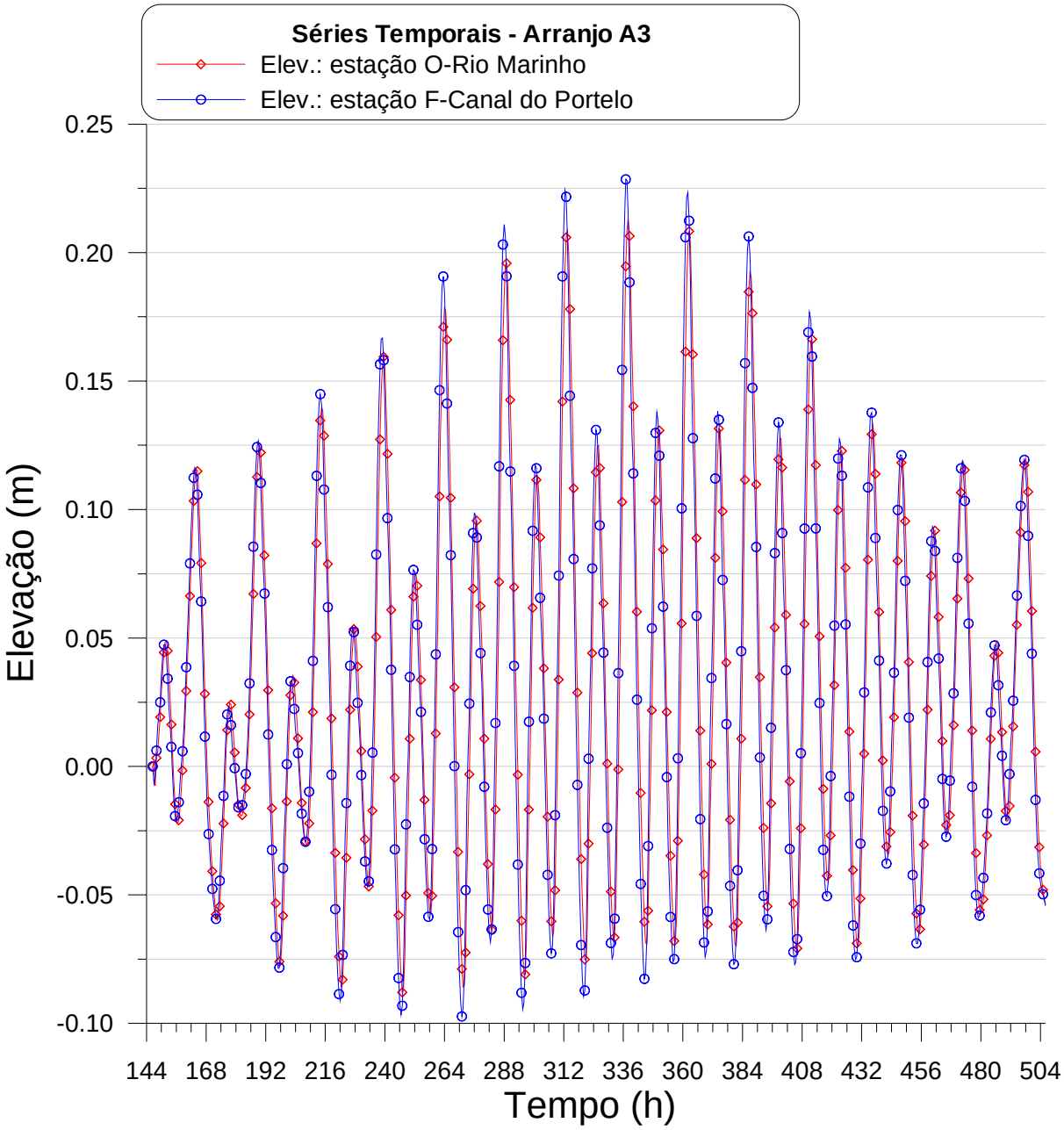


Figura 46. Arranjo A3: séries temporais de valores de elevação de nível de água nas estações do Canal do Portelo e do Rio Marinho.

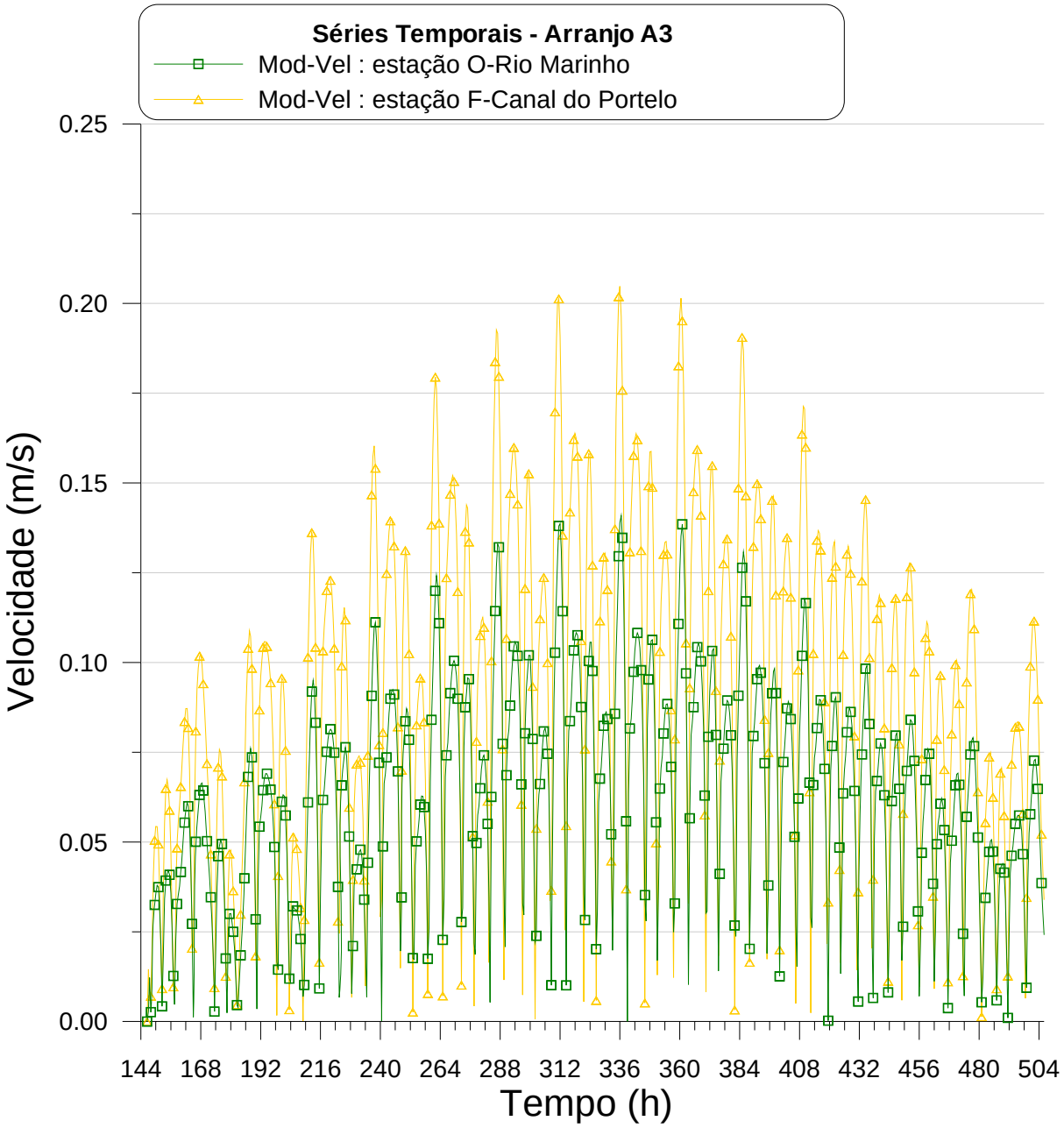


Figura 47. Arranjo A3: séries temporais de valores de módulo da velocidade de correntes nas estações do Canal do Portelo e do Rio Marinho.

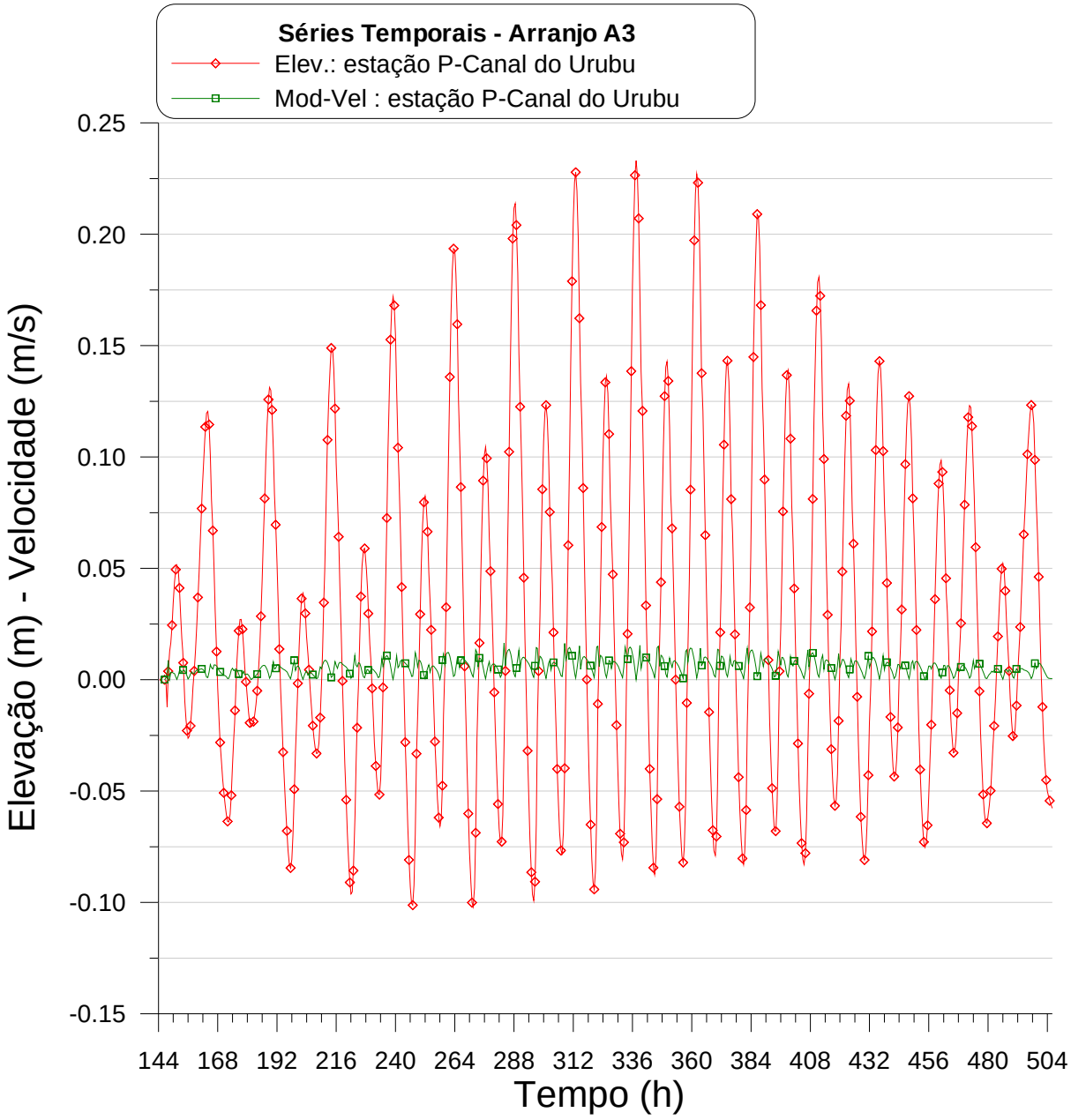


Figura 48. Arranjo A3: séries temporais de valores de elevação de nível de água e módulo da velocidade de correntes na estação do Canal do Urubu.

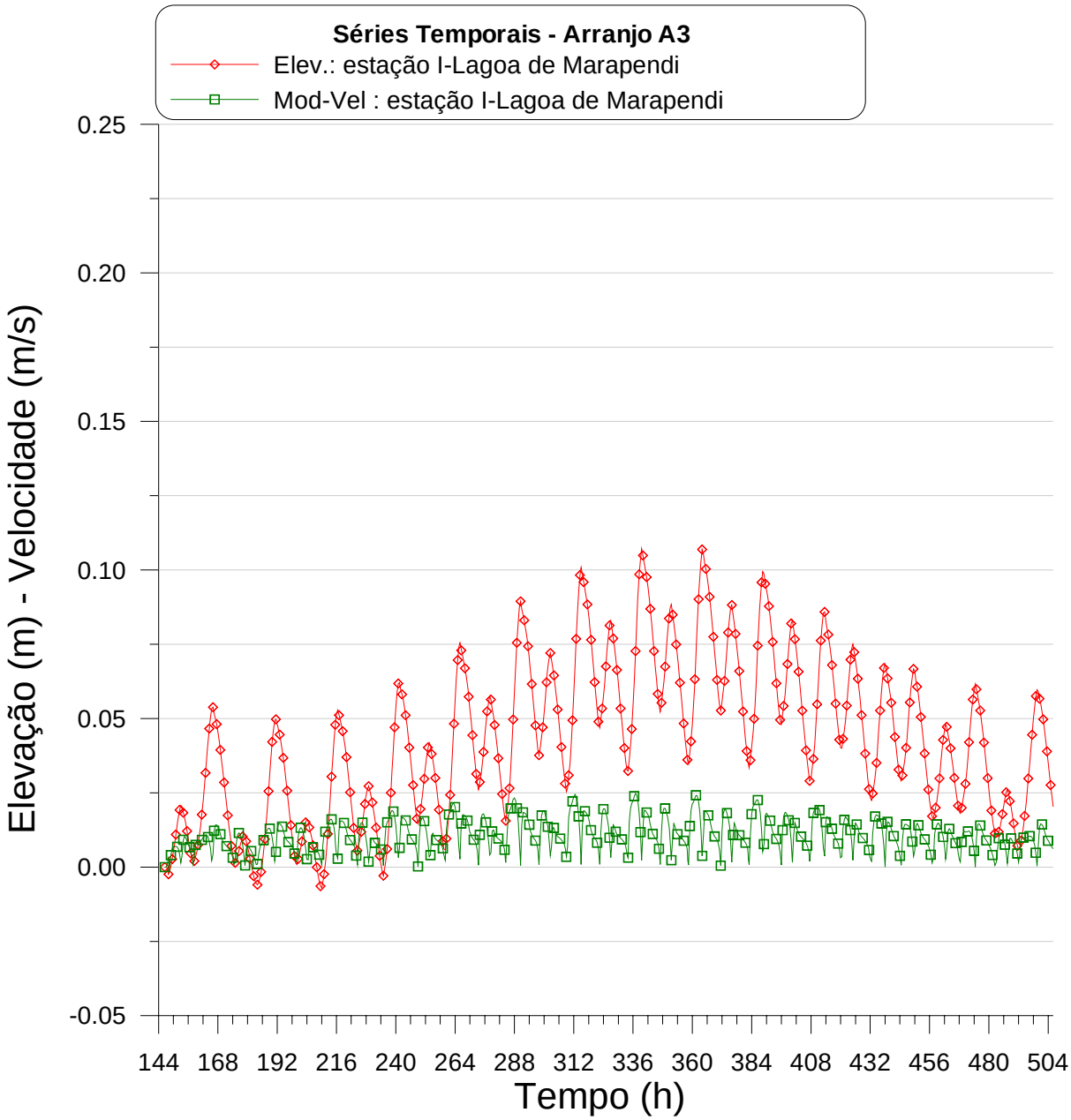


Figura 49. Arranjo A3: séries temporais de valores de elevação de nível de água e módulo da velocidade de correntes na estação da Lagoa de Marapendi.

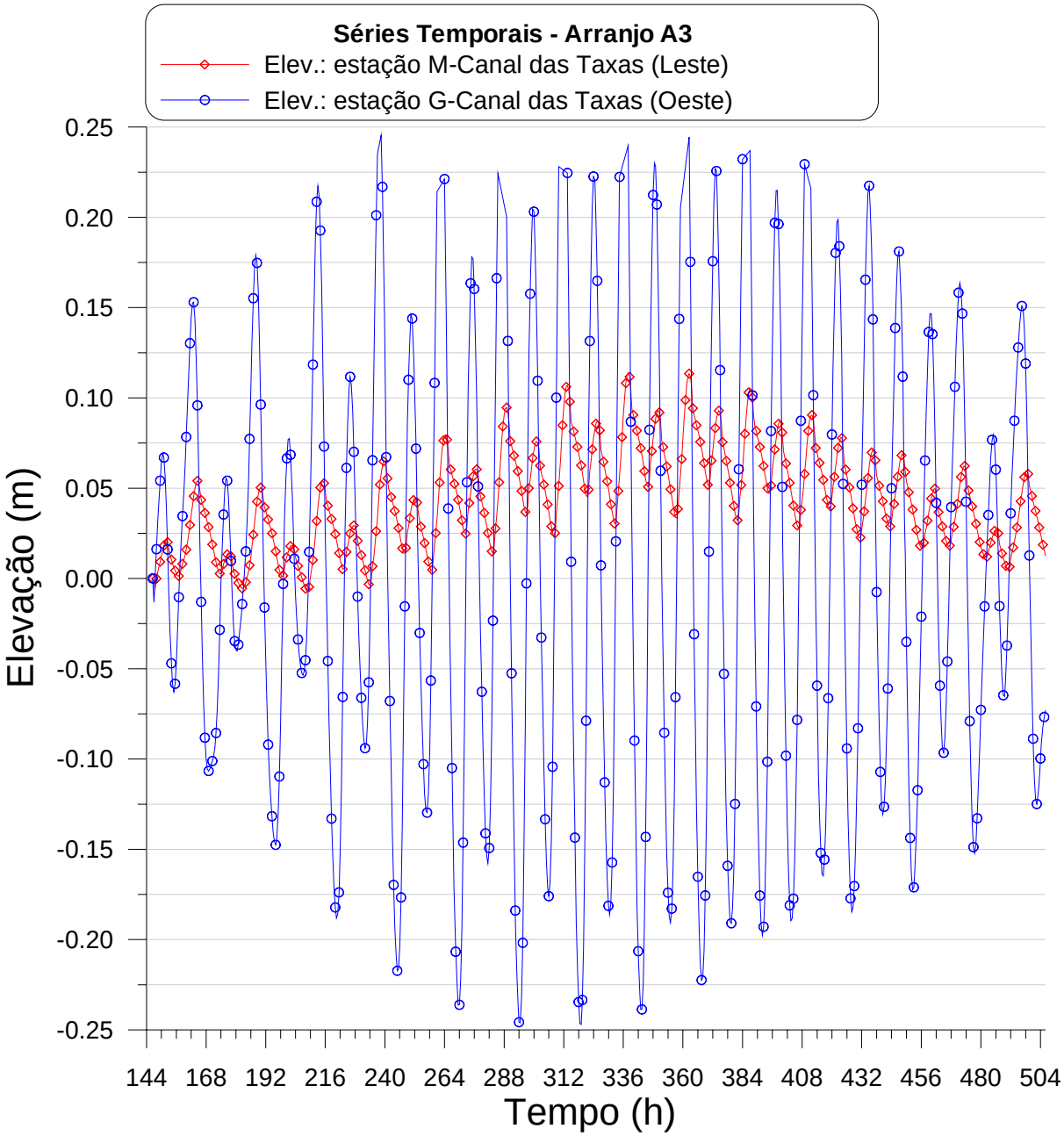


Figura 50. Arranjo A3: séries temporais de valores de elevação de nível de água nas estações do Canal das Taxas Leste e Oeste.

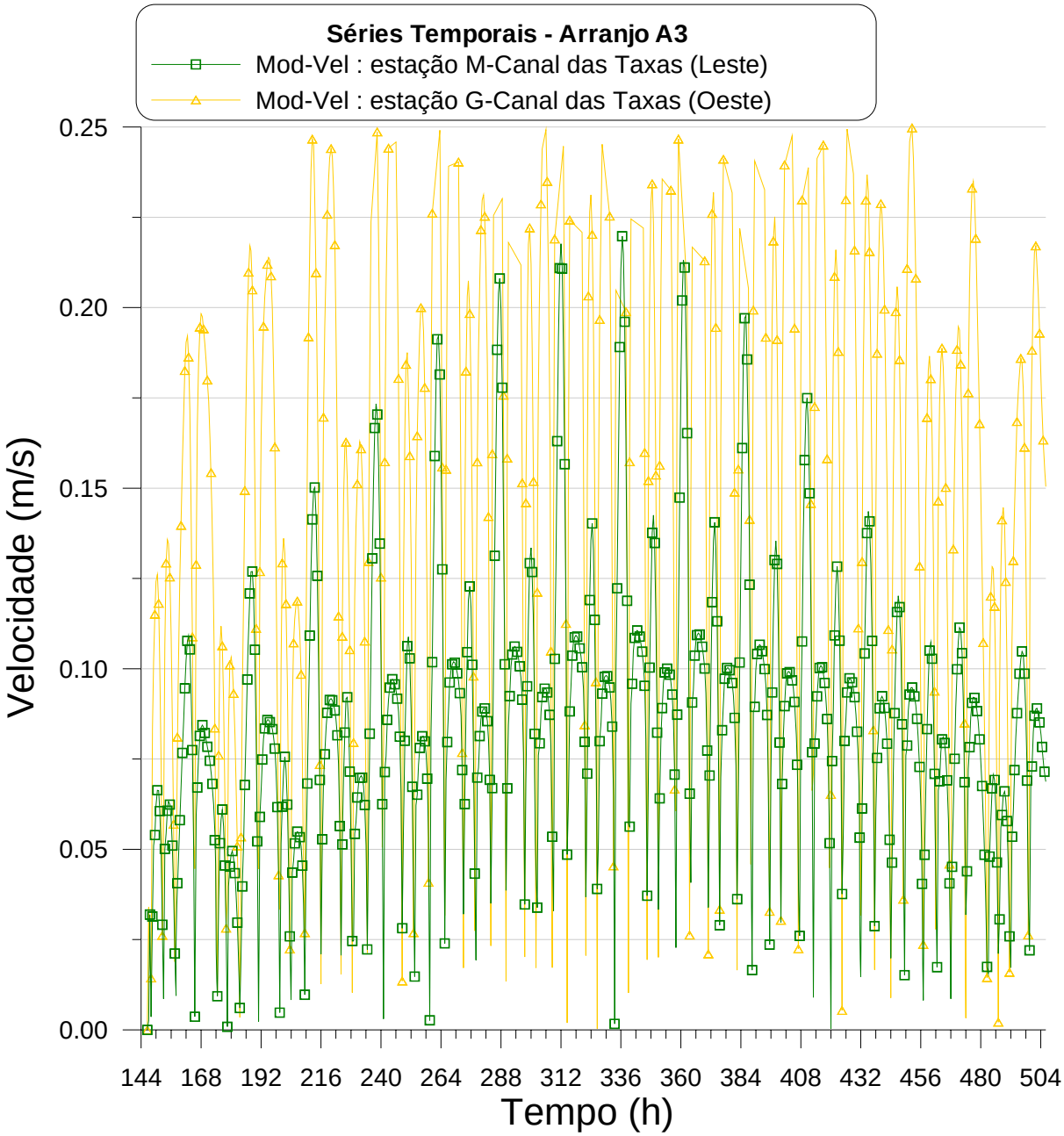


Figura 51. Arranjo A3: séries temporais de valores de módulo da velocidade de correntes nas estações do Canal das Taxas Leste e Oeste.

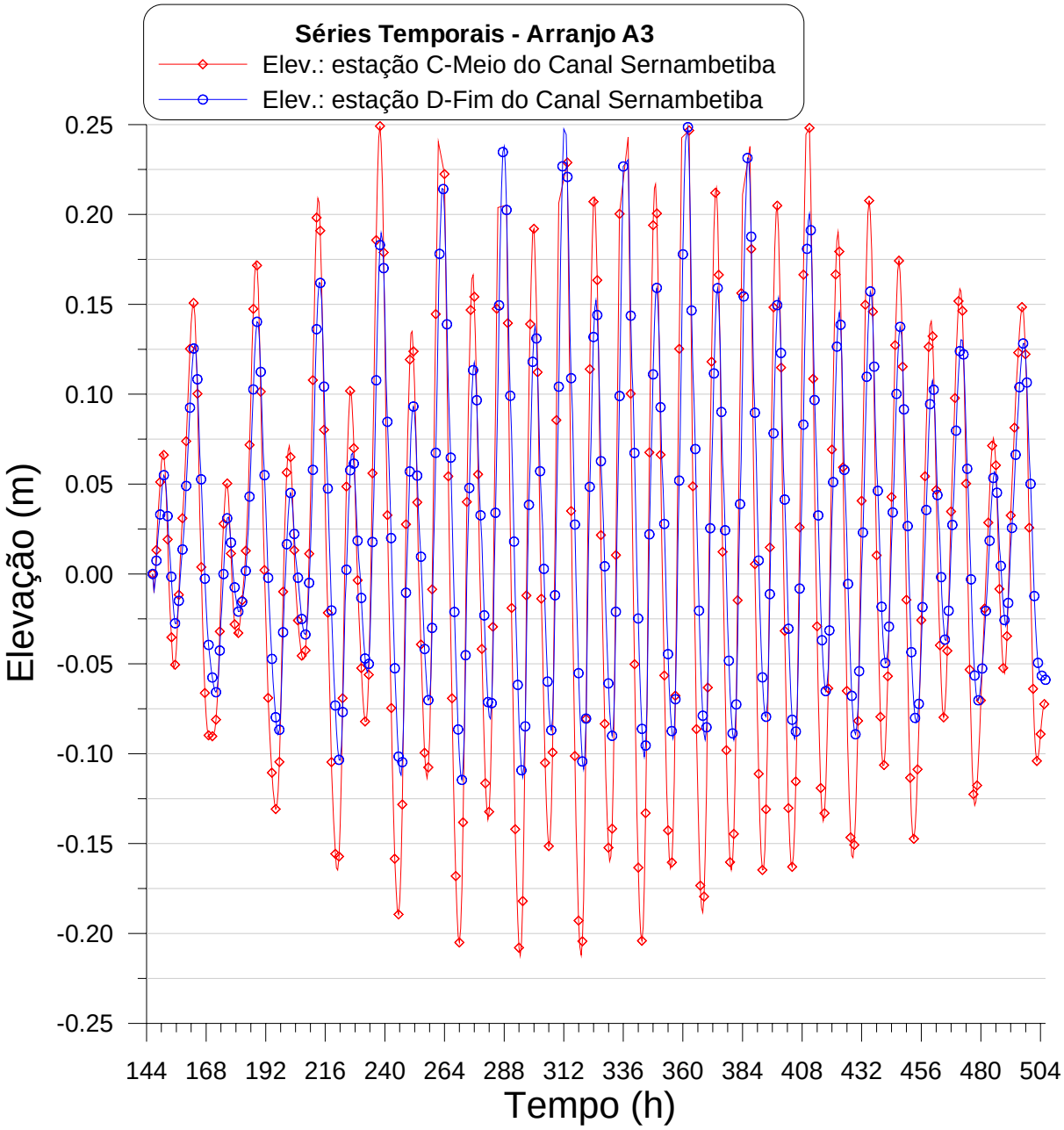


Figura 52. Arranjo A3: séries temporais de valores de elevação de nível de água nas estações do meio e do fim do Canal de Sernambetiba.

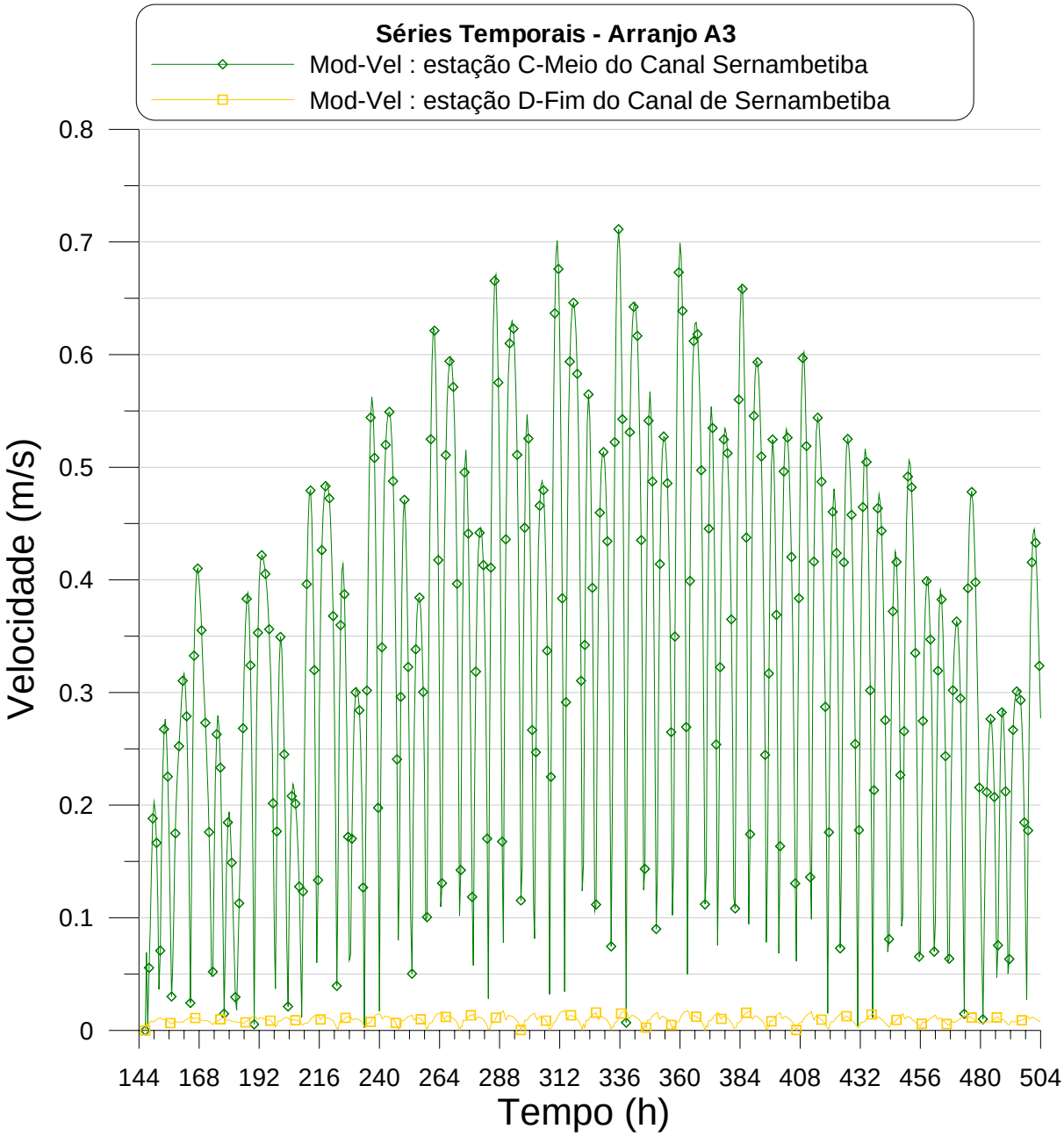


Figura 53. Arranjo A3: séries temporais de valores de módulo da velocidade de correntes nas estações do meio e do fim do Canal de Sernambetiba.

6.4. Resultados para o arranjo A4a

Para o arranjo hidráulico A4a, a Figura 72 apresenta a localização das estações nas quais gravou-se resultados de níveis de água, intensidade e direção de correntes ao longo do tempo. Para efeito de comparação com os valores de níveis de água gravados em estações internas, os valores de níveis de água no mar estão apresentados na Figura 14.

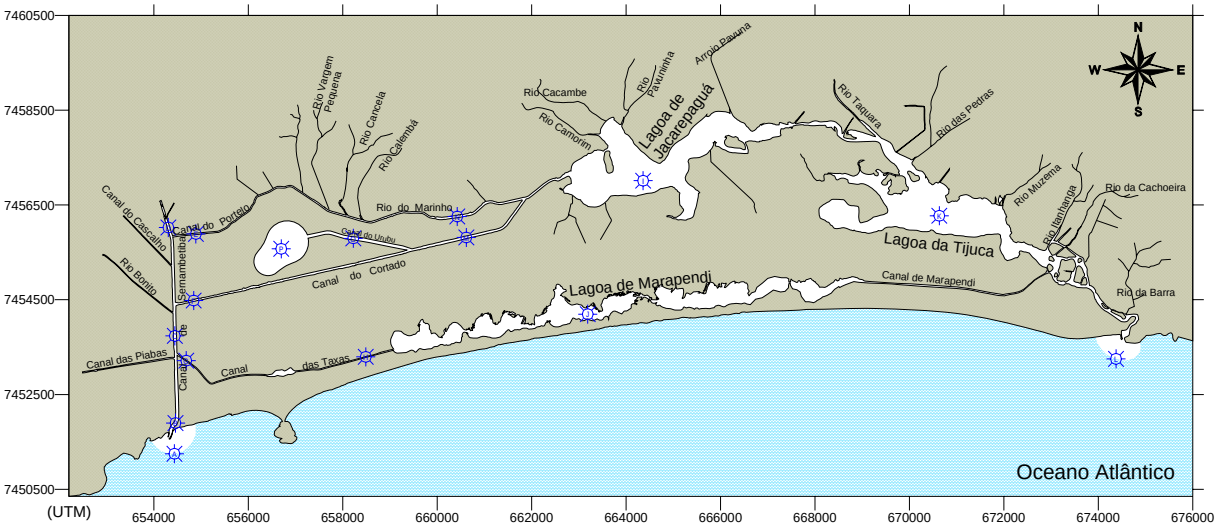


Figura 54. Mapa de posicionamento das estações para o arranjo hidráulico A4a. Nos pontos onde estão as estações foram gravados valores de níveis de água e correntes ao longo do tempo.

6.4.1. Mapas Ilustrativos para o arranjo A4a

Para o arranjo A4a, apresenta-se os seguintes mapas com o intuito de ilustrar os resultados obtidos:

1. Mapa de níveis de água em instante de preamar na embocadura, na Figura 55.
2. Mapa de vetores de velocidade e respectivo mapa de isolinhas de módulo de velocidade de correntes em instante de preamar na embocadura, nas duas estampas da Figura 56.
3. Mapa de níveis de água em instante de baixamar na embocadura, na Figura 57.
4. Mapa de vetores de velocidade e respectivo mapa de isolinhas de módulo de velocidade de correntes em instante de baixamar na embocadura, nas duas estampas da Figura 58.

Analisando tais mapas, destacam-se os seguintes pontos:

- Através das diferentes cores representando níveis de água pode-se verificar as diferentes fases de maré nos diversos recintos do sistema. Comparando-se os mapas do arranjo A4a, com os mapas do caso A2, nota-se significativa mudança.
- As correntes nos canais a montante da Lagoa de Jacarepaguá passam a ser muito mais intensas, na medida que se interligam com o Canal de Sernambetiba.
- Com o estabelecimento da Lagoa VC, o canal do Urubu passa a ter maiores velocidades.
- O mesmo se verifica no Canal das Taxas, que passa a ligar a Lagoa de Marapendi com o Canal de Sernambetiba.
- Em relação ao projeto original da Lagoa VC, apresentada no caso A2, em todo o sistema as amplitudes de maré e intensidades de correntes ficam significativamente maiores. Isso é muito positivo, pois mostra melhor circulação e troca de águas entre os diferentes recintos, propiciando melhores condições para boa qualidade ambiental.

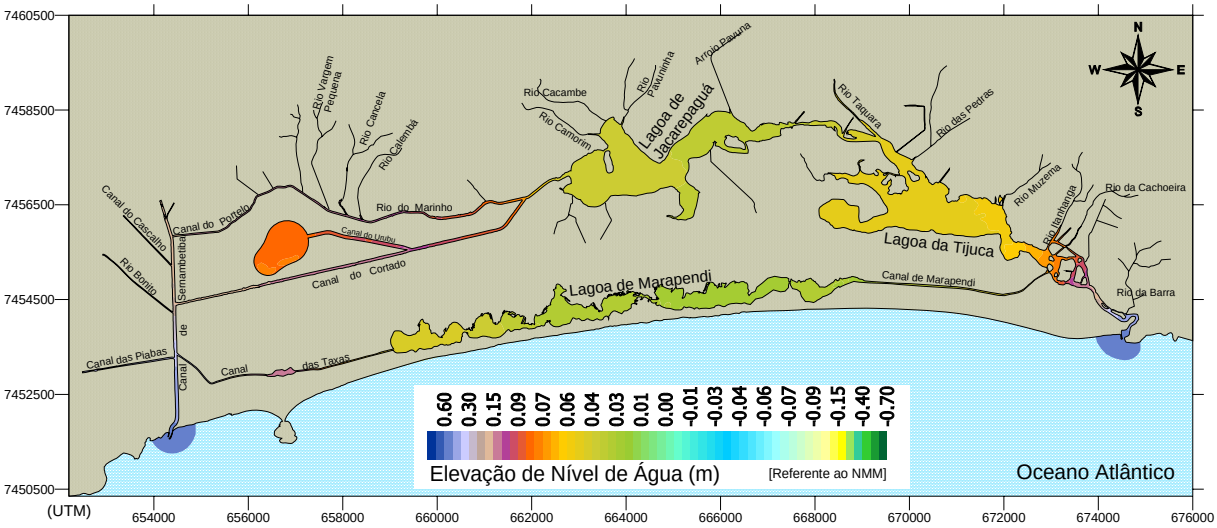
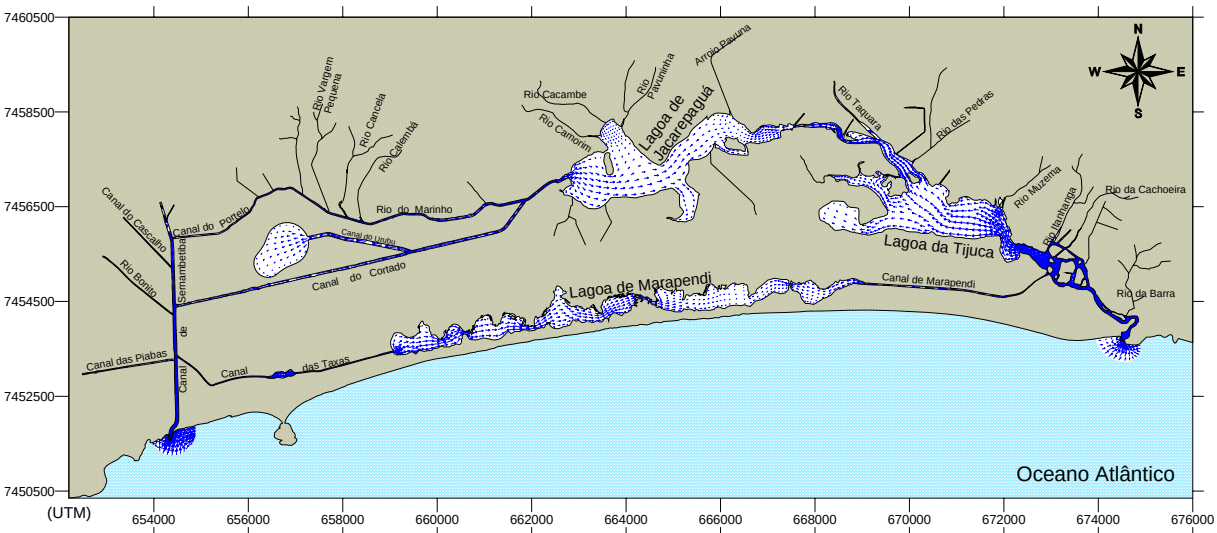


Figura 55. Arranjo A4a: Mapa ilustrativo de variação de níveis de água em situação de preamar típica de sizígia na embocadura.



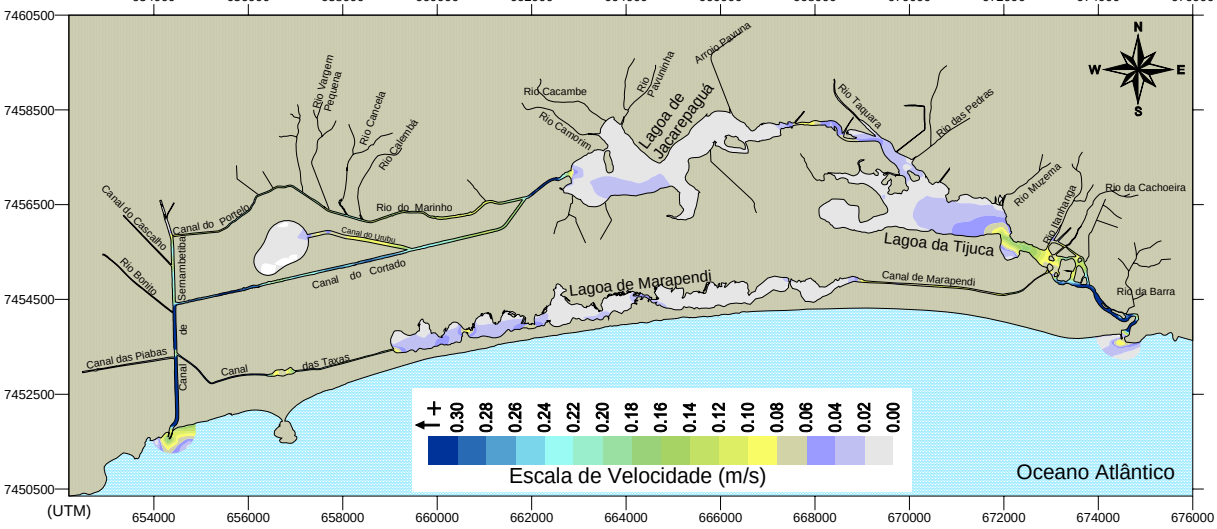


Figura 56. Arranjo A4a: Mapas ilustrativos de padrão de correntes em instante de preamar típica de sizígia na embocadura. Estampa superior mostra setas indicativas da direção do escoamento e estampa inferior indica magnitude das velocidades.

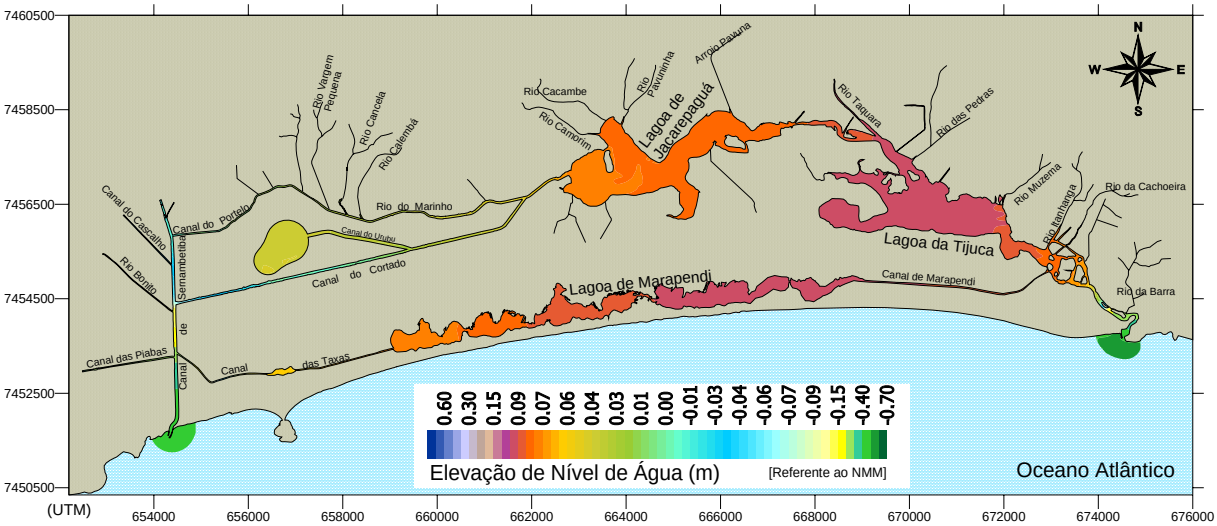


Figura 57. Arranjo A4a: Mapa ilustrativo de variação de níveis de água em situação de baixamar típica de sizígia na embocadura.

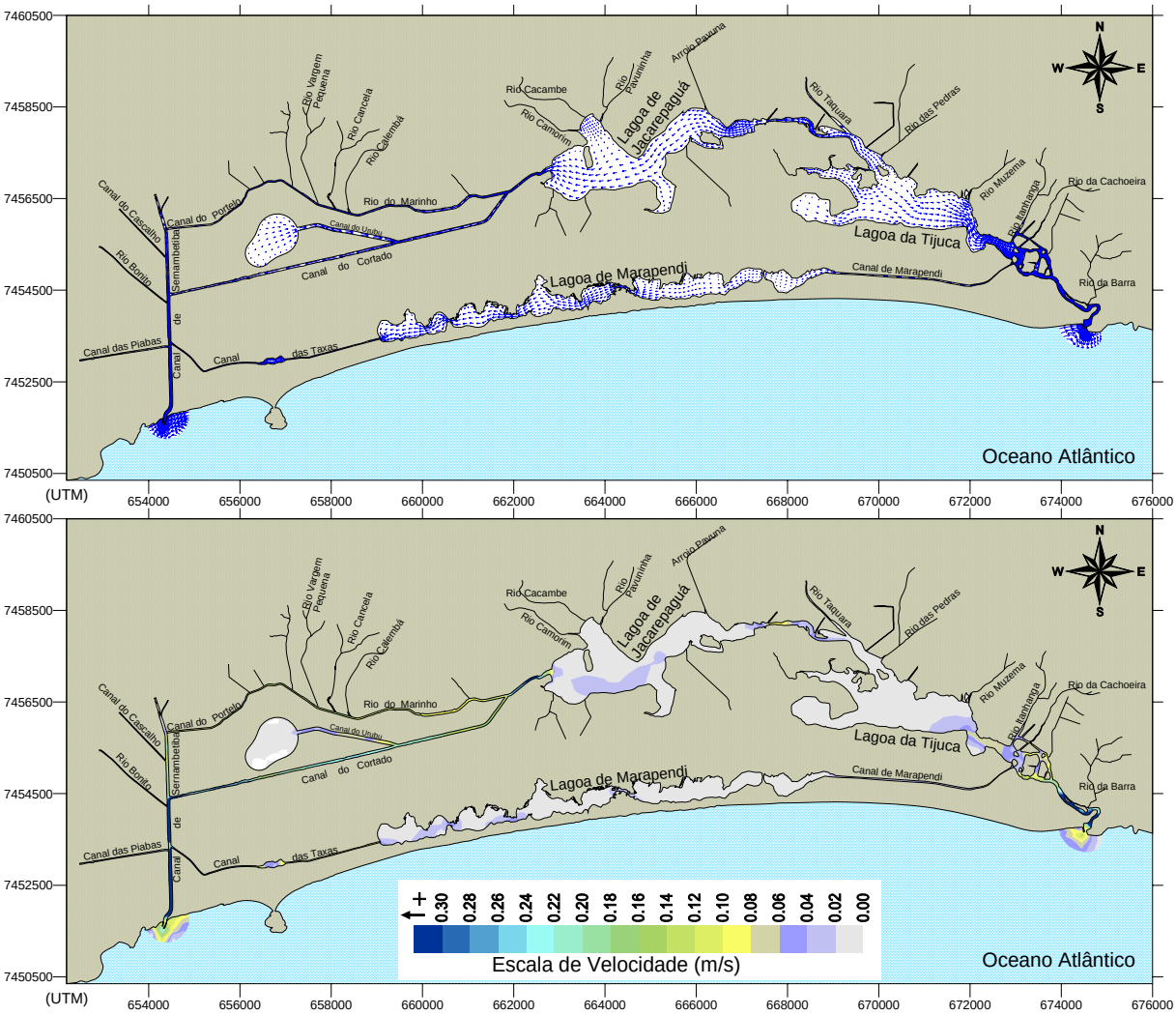


Figura 58. Arranjo A4a: Mapas ilustrativos de padrão de correntes em instante de baixamar típica de sizígia na embocadura. Estampa superior mostra setas indicativas da direção do escoamento e estampa inferior indica magnitude das velocidades.

6.4.2. Gráficos de séries temporais – Arranjo A4a

Através dos gráficos a seguir pode-se ter uma idéia mais quantitativa a respeito de níveis de água e intensidade de correntes em estações ao longo dos diferentes recintos. A localização das estações no Arranjo A4a é apresentada na Figura 54.

Para este caso são apresentados os seguintes gráficos, nos quais destaca-se:

- Figura 59. Arranjo A4a: séries temporais de valores de elevação de nível de água nas estações da Lagoa da Tijuca e da Lagoa de Jacarepaguá.
    - Como no caso A3, com a interligação do sistema lagunar com o Canal de Sernambetiba, ocorre um forte aumento nas amplitudes de maré, especialmente na Lagoa de Jacaréguá. Comparando as amplitudes de maré na Lagoa de Jacarepaguá para o caso A4a, com as dos casos A1 e A2, nota-se uma impressionante ampliação de quase 6 vezes nas alturas de maré de sizígia, o que é muito bom.
- Figura 60. Arranjo A4a: séries temporais de valores de módulo da velocidade de correntes nas estações da Lagoa da Tijuca e da Lagoa de Jacarepaguá.
    - A intensidade das correntes em ambas as lagoas é ainda pequena, mas cresceu significativamente em relação às verificadas nos casos A1 e A2.
- Figura 61. Arranjo A4a: séries temporais de valores de elevação de nível de água nas estações do Canal Cortado Leste e Oeste.
    - No Canal Cortado, as amplitudes de maré crescem muito com sua ligação ao Canal de Sernambetiba. Em comparação com as amplitudes de no mar, cf. Figura 14, a porção Oeste do Canal Cortado passa a ter marés com valores superiores a 27% dos verificados no mar, e a porção Leste com valores superiores a 23%. Ambos muito superiores aos valores da ordem de 3% a 4% que ocorrem para os casos A1 e A2. Os valores são um pouco menores que os verificados no arranjo A3, devido à presença da Lagoa VC.
- Figura 62. Arranjo A4a: séries temporais de valores de módulo da velocidade de correntes nas estações do Canal Cortado Leste e Oeste.
    - A intensidade das correntes no Canal Cortado é muito maior no arranjo A4a do que a verificada com os arranjos A1 e A2. No caso A4a as velocidades médias das correntes são superiores a 20 cm/s na parte Oeste do Canal e da ordem de 13 cm/s na parte Leste, contra menos de 1 cm/s nos casos A1 e A2.
    - Em relação ao arranjo A3, no arranjo A4a ocorre um aumento das correntes na parte Oeste e uma diminuição na parte Leste porque a ligação da Lagoa VC ao sistema se da apenas através do Canal do Urubu, que faz confluência na parte central do Canal Cortado.
- Figura 63. Arranjo A4a: séries temporais de valores de elevação de nível de água nas estações do Canal do Portelo e do Rio Marinho.
    - No Canal do Portelo e Rio Marinho, repetem-se os mesmos efeitos observados no caso A3. Isto é, com o arranjo A4a ocorre forte aumento nas amplitudes de maré em comparação com as verificadas nos arranjos A1 e A2.
- Figura 64. Arranjo A4a: séries temporais de valores de módulo da velocidade de correntes nas estações do Canal do Portelo e do Rio Marinho.
    - Também no caso das correntes de maré, no Canal do Portelo e Rio Marinho observa-se efeitos semelhantes aos verificados no arranjo A3. No caso A4a as velocidades médias das correntes passam para a faixa de 8 a 13 cm/s, contra menos de 1 cm/s nos casos A1 e A2.

- Figura 65. Arranjo A4a: séries temporais de valores de elevação de nível de água nas estações do Canal do Urubu e do Lago.
    - Com a implantação da Lagoa VC, as variações de nível no Canal do Urubu diminuem em relação ao caso A3, mas são muito maiores que as verificadas no projeto original retratado no caso A2.
- Figura 66. Arranjo A4a: séries temporais de valores de módulo da velocidade de correntes nas estações do Canal do Urubu e da Lagoa VC.
    - Sendo o Canal do Urubu a ligação entre a Lagoa VC e o sistema lagunar, toda a dinâmica das enchentes e vazantes na Lagoa VC passa pelo canal. Assim sendo, as intensidades das correntes crescem cerca de 4 vezes em relação ao que ocorria no caso A3 e mais que 5 vezes em comparação com o caso A2.
- Figura 67. Arranjo A4a: séries temporais de valores de elevação de nível de água e módulo da velocidade de correntes na estação da Lagoa de Marapendi.
    - Com a ligação do Canal das Taxas ao Canal de Sernambetiba melhora muito a circulação na Lagoa de Marapendi. As amplitudes de maré crescem em 5 vezes quando comparadas com as verificadas nos casos A1 e A2.
    - A intensidade das correntes na Lagoa continua pequena, mas no arranjo A4a é pelo menos 3 vezes maior que a verificada nos casos A1 e A2.
- Figura 68. Arranjo A4a: séries temporais de valores de elevação de nível de água nas estações do Canal das Taxas Leste e Oeste.
    - No Canal das Taxas ligado ao Canal de Sernambetiba, as amplitudes de maré são muito maiores que nos casos A1 e A2. No setor Oeste, em marés de sizígia típicas, as amplitudes de crescem de menos de 3 cm para cerca de 50 cm, e no setor Leste, de menos de 3 cm para 15 cm. O desnível verificado causa uma forte e saudável corrente, que acaba com a estagnação e viabiliza a recuperação ambiental da chamada Lagoinha.
- Figura 69. Arranjo A4a: séries temporais de valores de módulo da velocidade de correntes nas estações do Canal das Taxas Leste e Oeste.
    - A intensidade das correntes no Canal das Taxas no arranjo A4a passa a ser considerável. Em comparação com os estagnantes valores inferiores a 1cm/s verificadas nos arranjos A1 e A2, no caso A4a, as correntes médias passam para valores no entorno de 15 cm/s.
- Figura 70. Arranjo A4a: séries temporais de valores de elevação de nível de água nas estações do meio e do fim do Canal de Sernambetiba.
    - Como no caso A3, sendo o Canal de Sernambetiba ligado ao sistema lagunar, diminuem as amplitudes de maré ao longo do canal, o que é positivo para a drenagem regional.
    - Com a implementação da Lagoa VC, as amplitudes na parte de montante do canal diminuem ainda mais que no caso A3, evidenciando o benefício da Lagoa VC para o sistema de drenagem.
- Figura 71. Arranjo A4a: séries temporais de valores de módulo de velocidade nas estações do meio e do fim do Canal de Sernambetiba
    - Com a interligação ao sistema lagunar aumentam muito as velocidades das correntes de enchente e vazante no Canal de Sernambetiba, tornando-o auto-limpante. Com a Lagoa VC o aumento é ainda maior do que o verificado no caso A3.

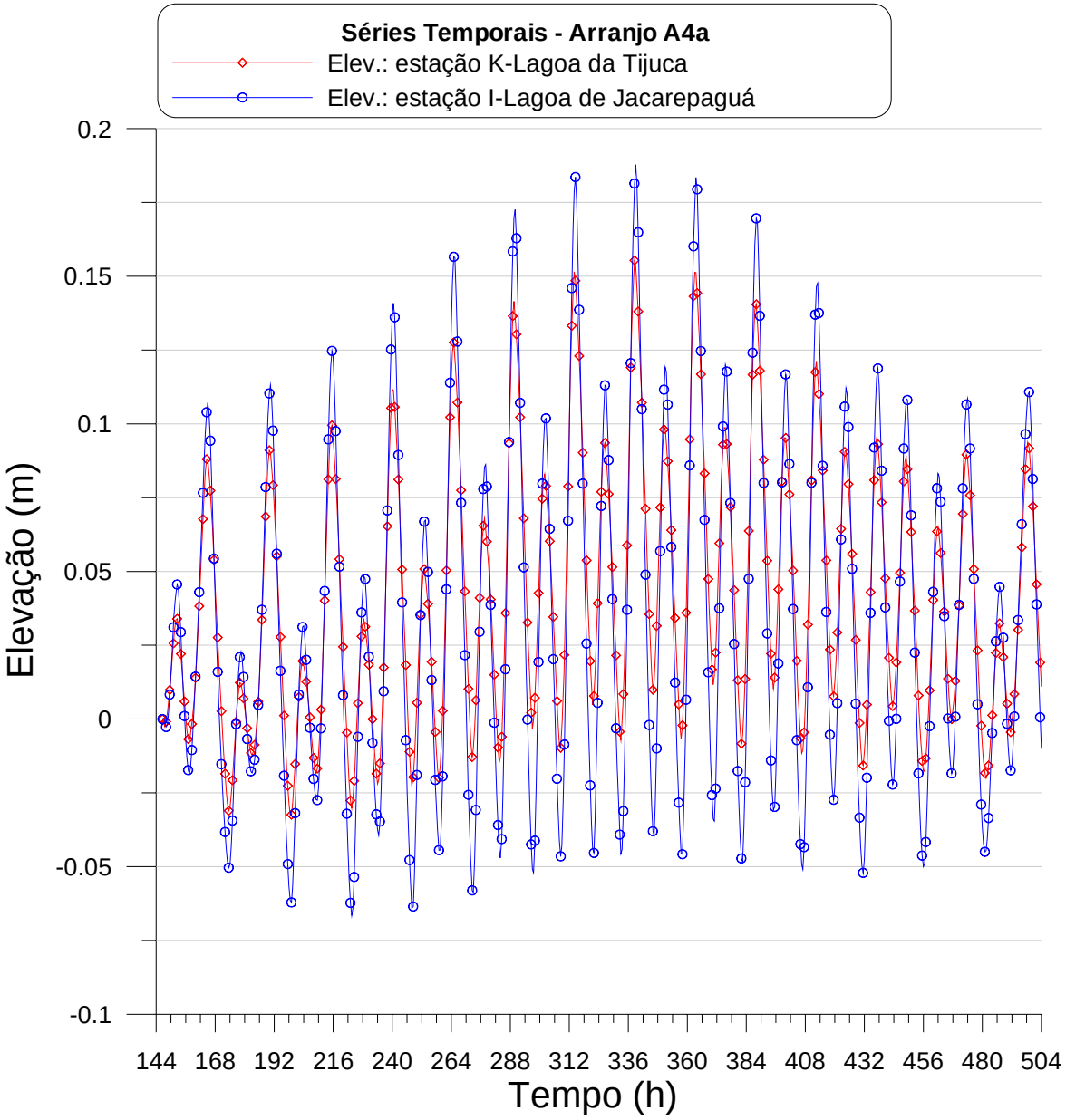


Figura 59. Arranjo A4a: séries temporais de valores de elevação de nível de água nas estações da Lagoa da Tijuca e da Lagoa de Jacarepaguá.

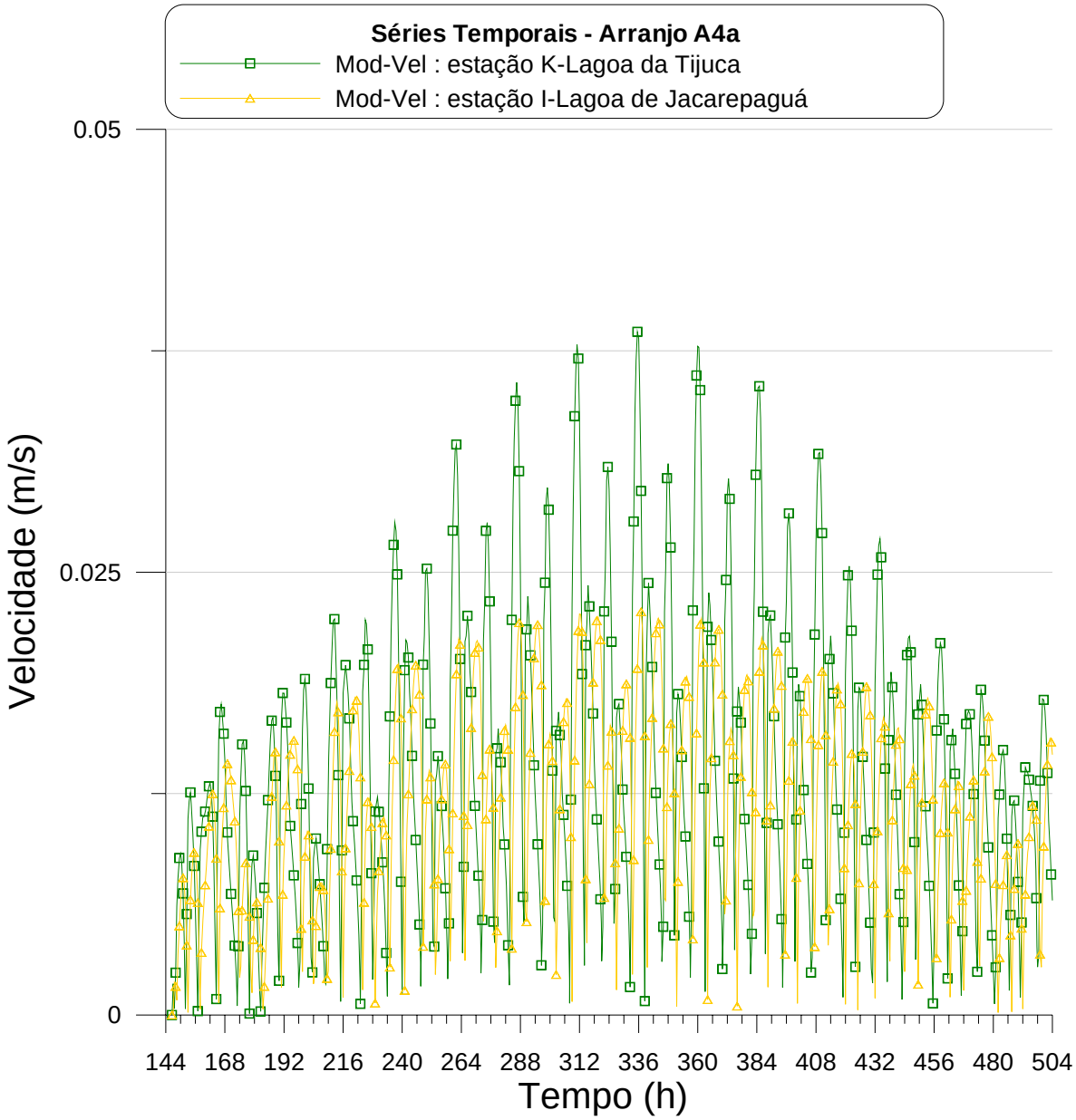


Figura 60. Arranjo A4a: séries temporais de valores de módulo da velocidade de correntes nas estações da Lagoa da Tijuca e da Lagoa de Jacarepaguá.

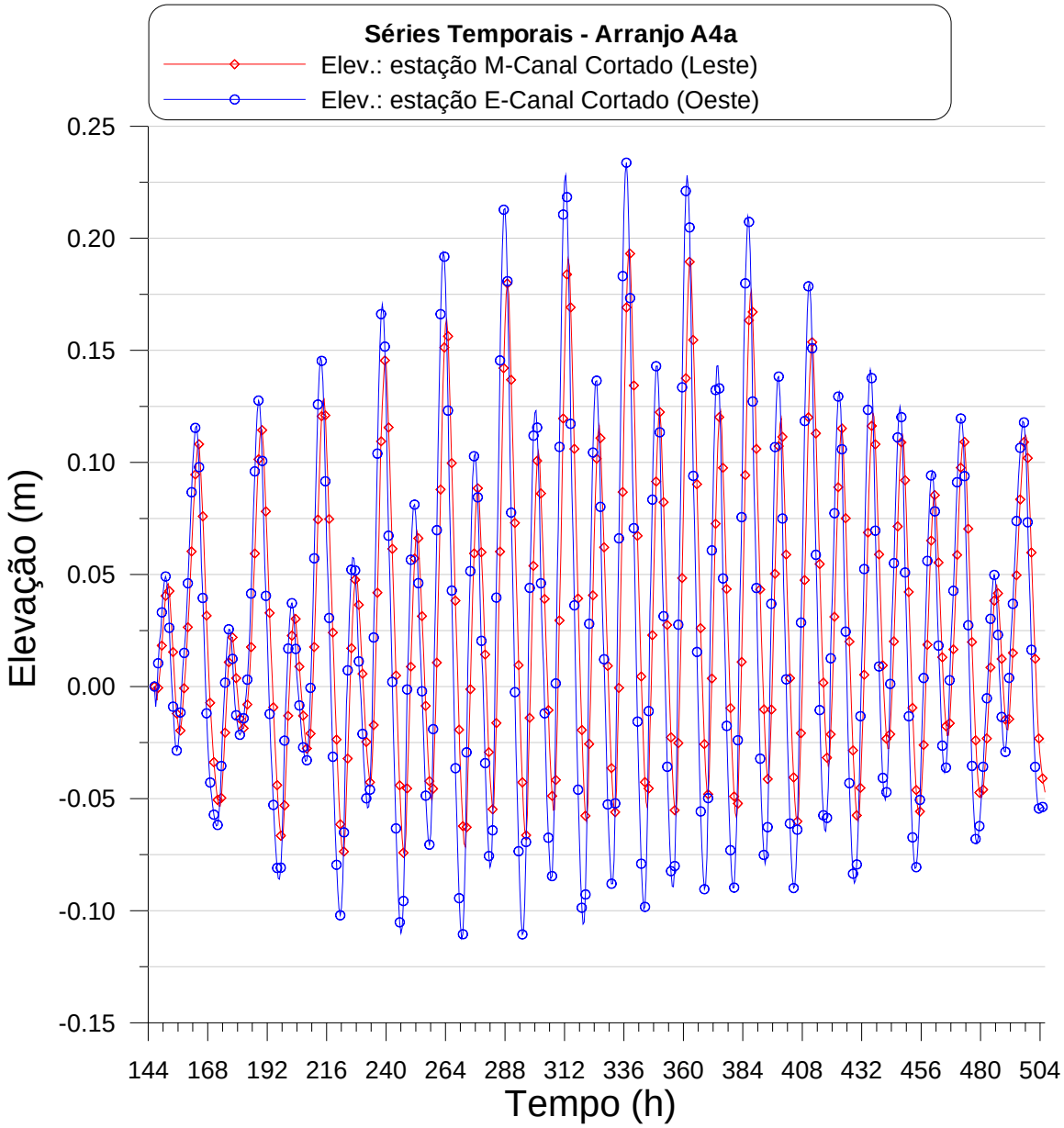


Figura 61. Arranjo A4a: séries temporais de valores de elevação de nível de água nas estações do Canal Cortado Leste e Oeste.

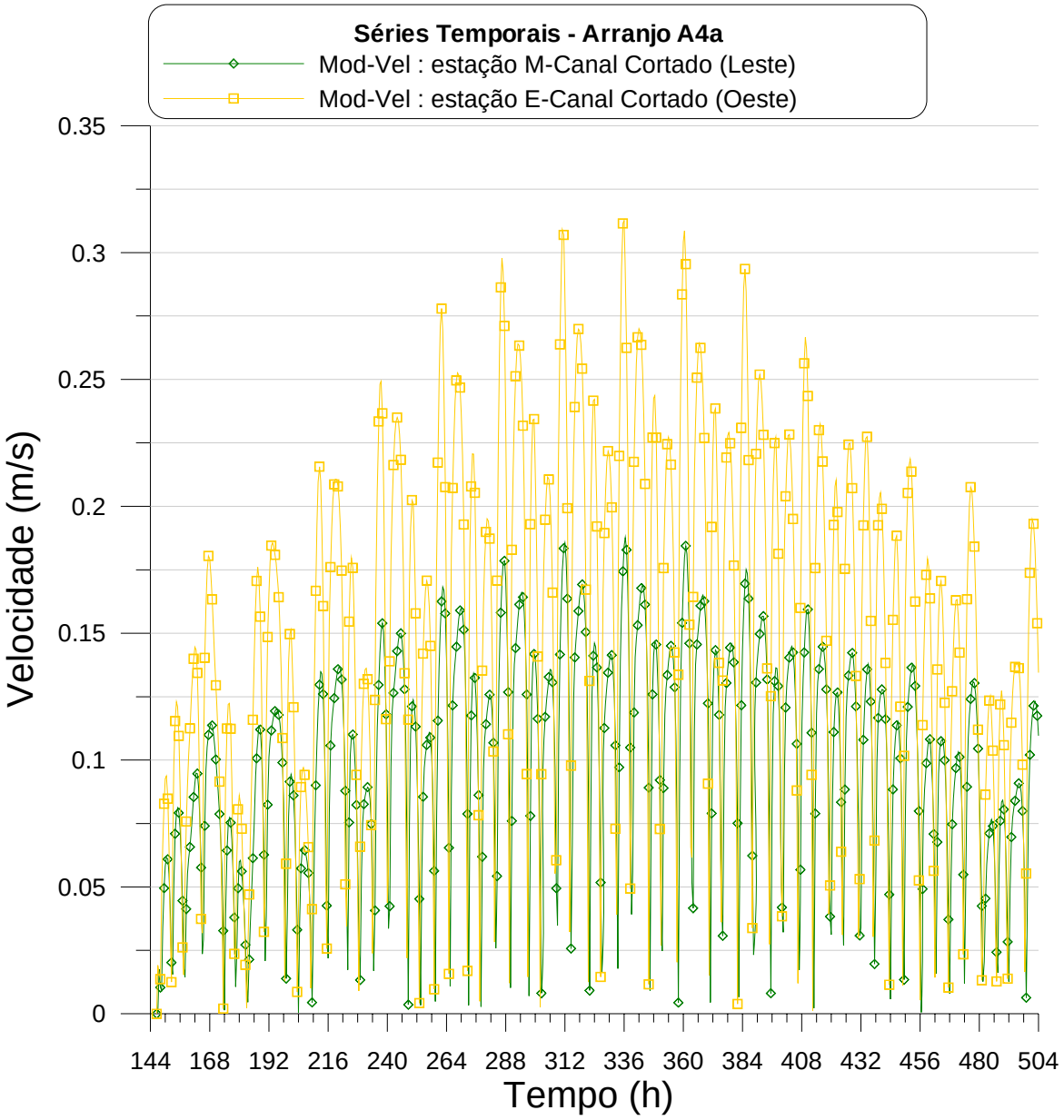


Figura 62. Arranjo A4a: séries temporais de valores de módulo da velocidade de correntes nas estações do Canal Cortado Leste e Oeste.

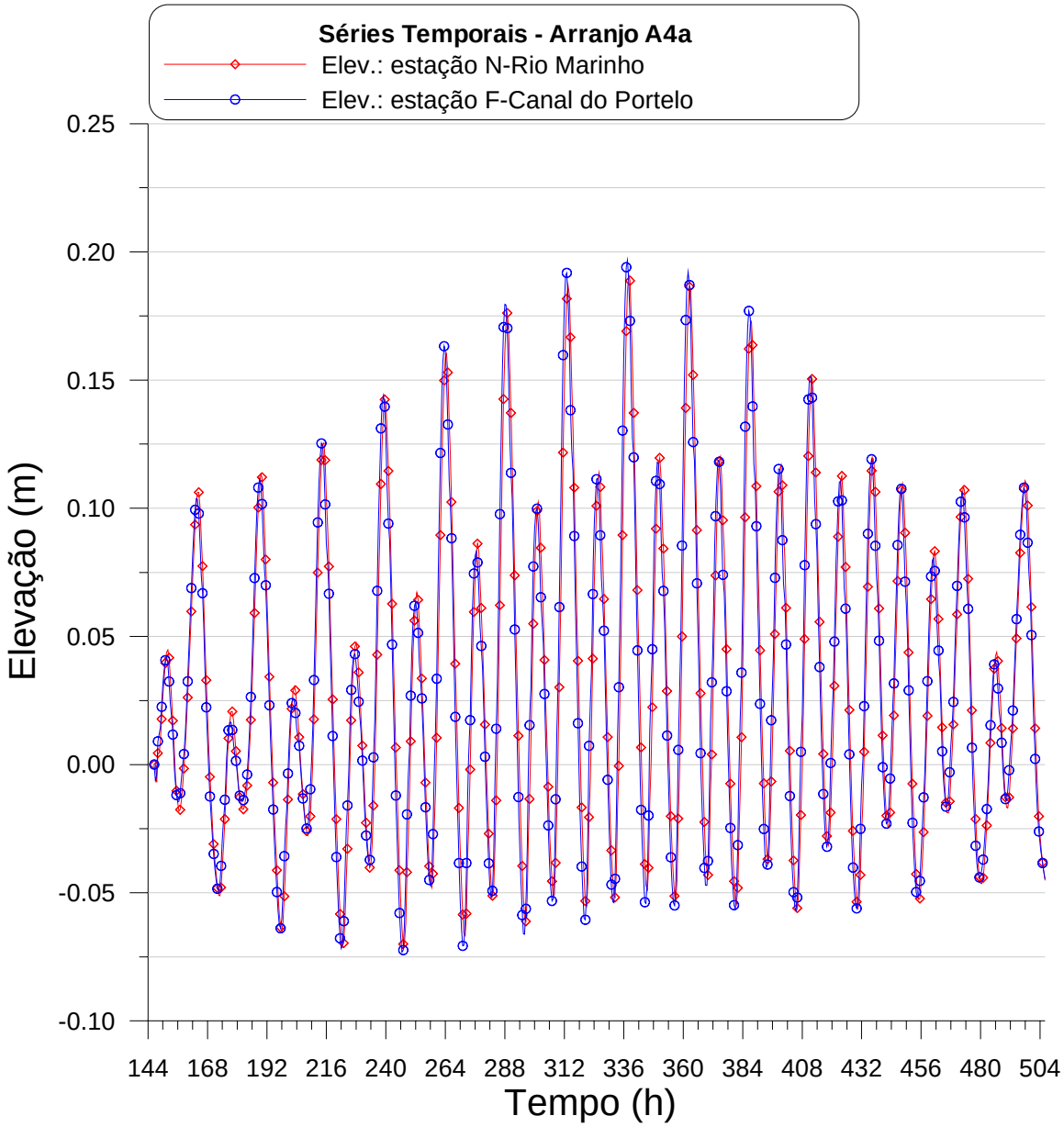


Figura 63. Arranjo A4a: séries temporais de valores de elevação de nível de água nas estações do Canal do Portelo e do Rio Marinho.

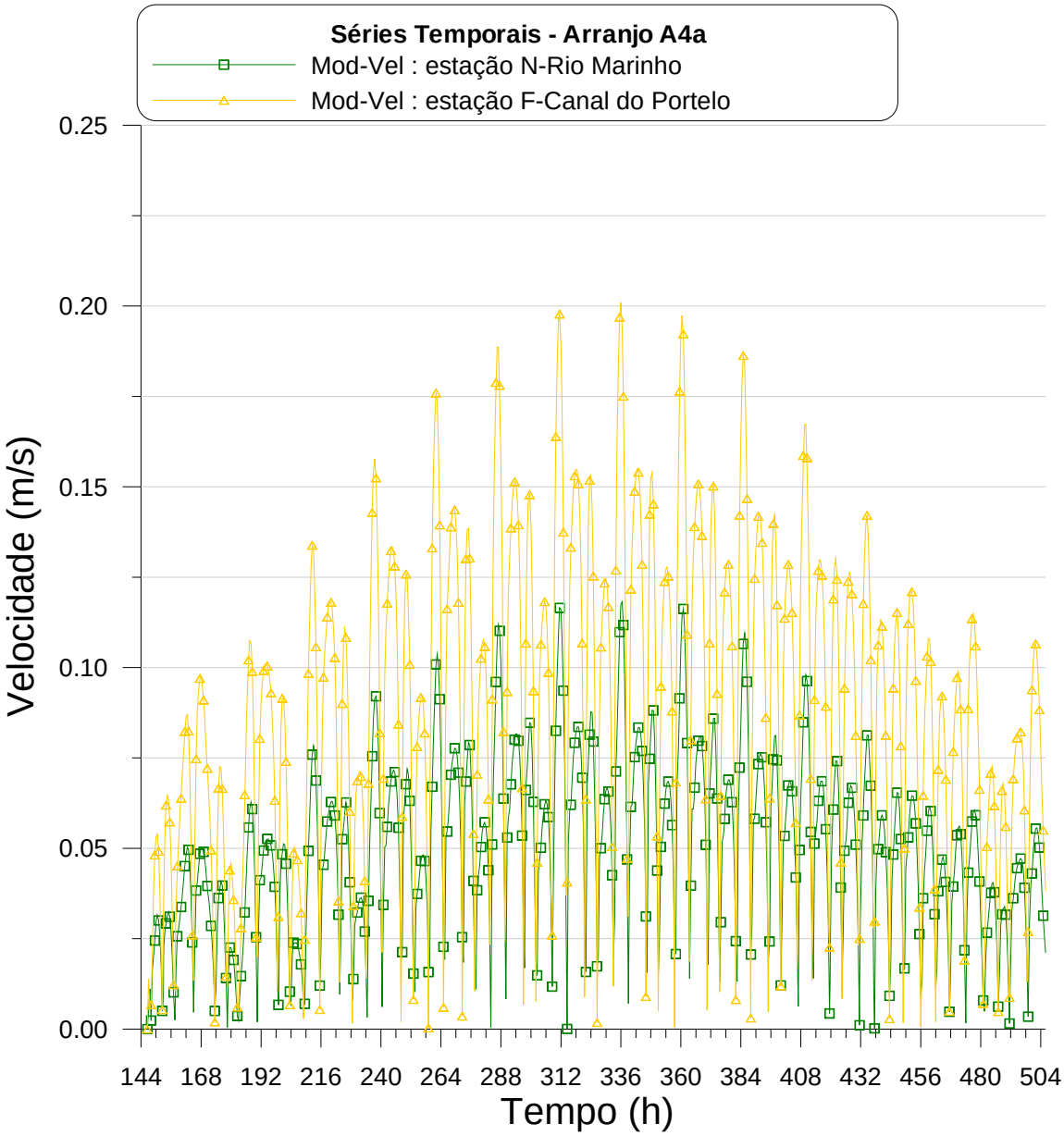


Figura 64. Arranjo A4a: séries temporais de valores de módulo da velocidade de correntes nas estações do Canal do Portelo e do Rio Marinho.

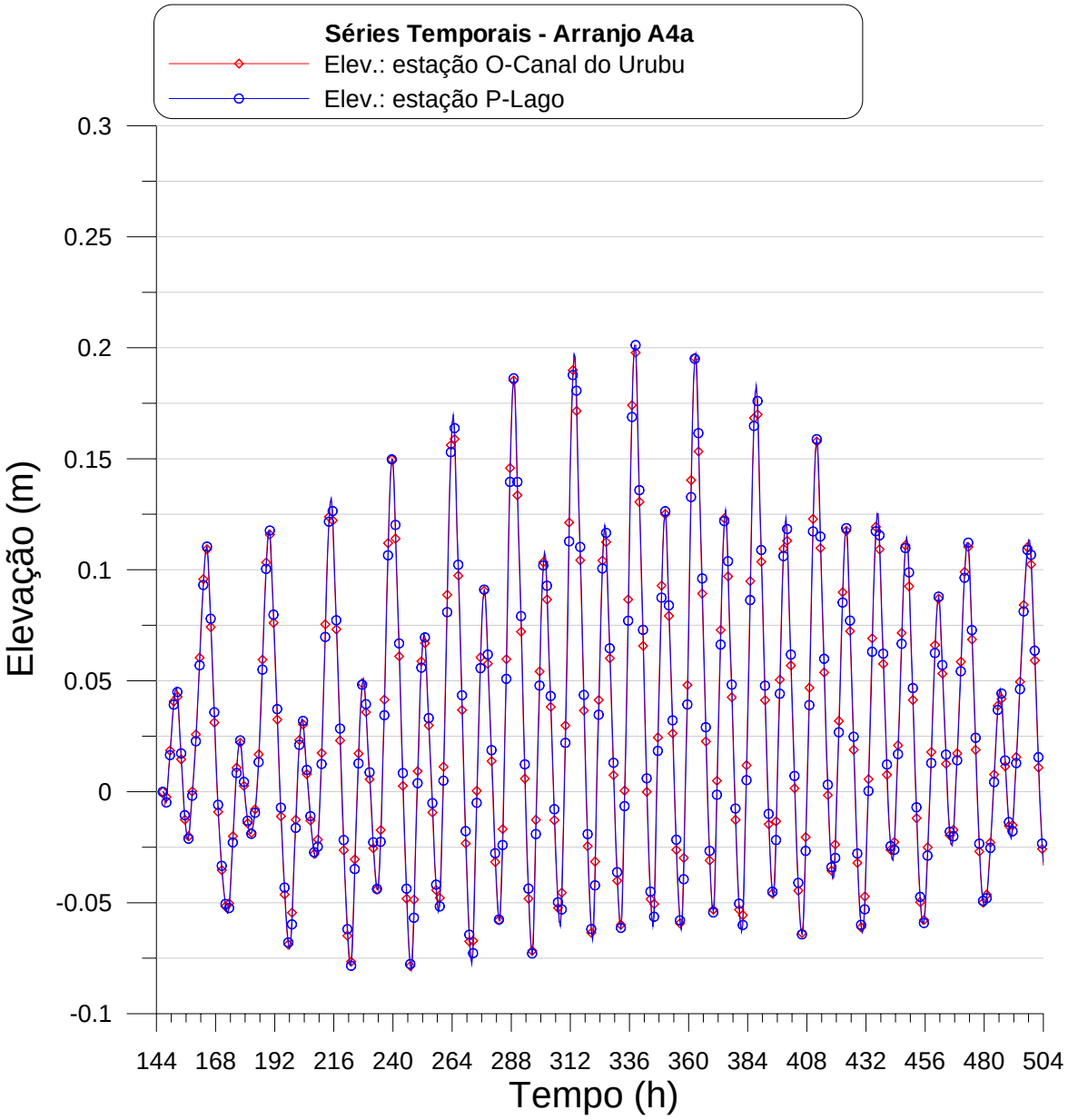


Figura 65. Arranjo A4a: séries temporais de valores de elevação de nível de água nas estações do Canal do Urubu e do Lago.

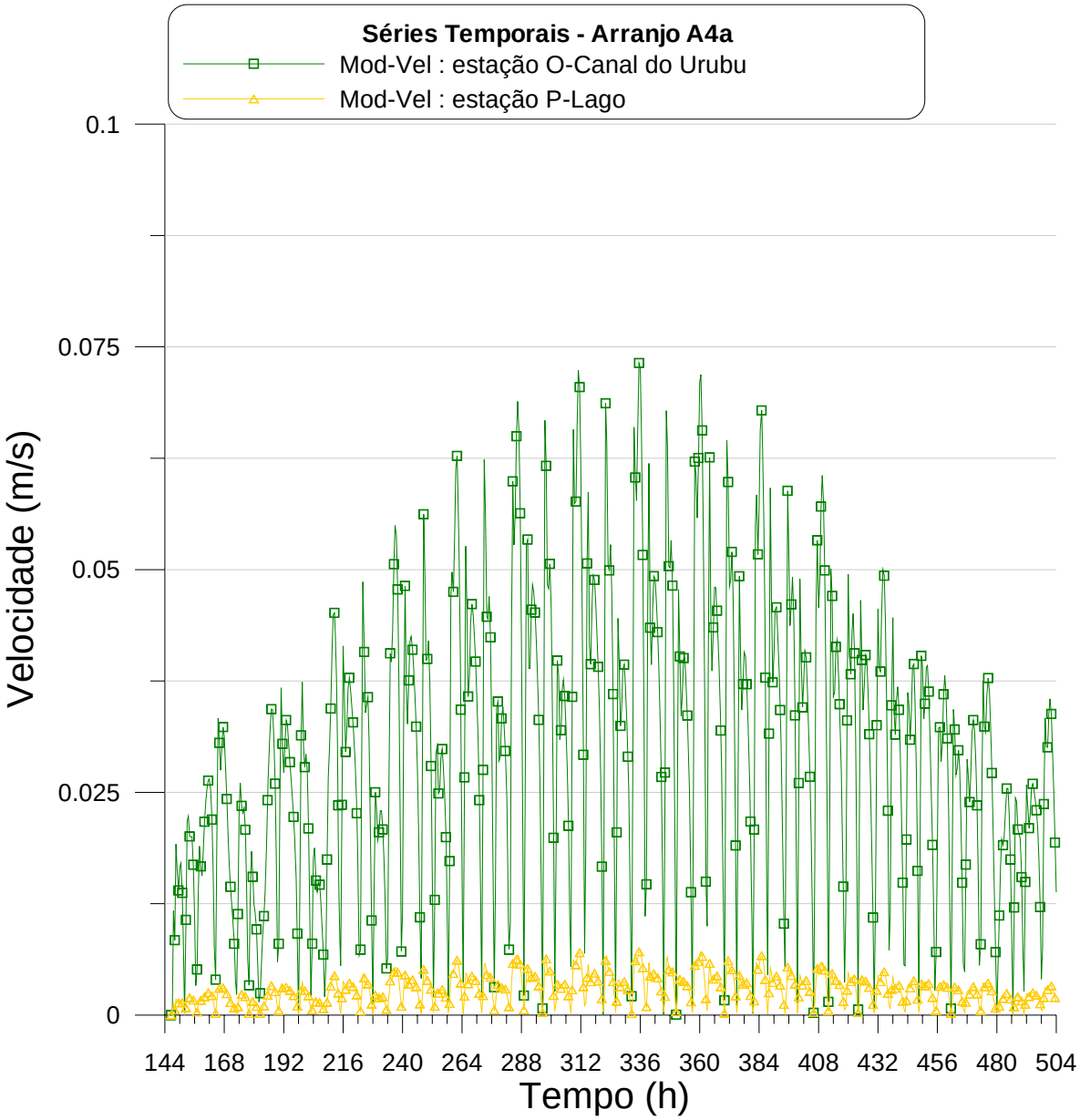


Figura 66. Arranjo A4a: séries temporais de valores de módulo da velocidade de correntes nas estações do Canal do Urubu e da Lagoa VC.

Nota: A estação da Lagoa VC está referenciada como “P-Lago” na legenda acima.

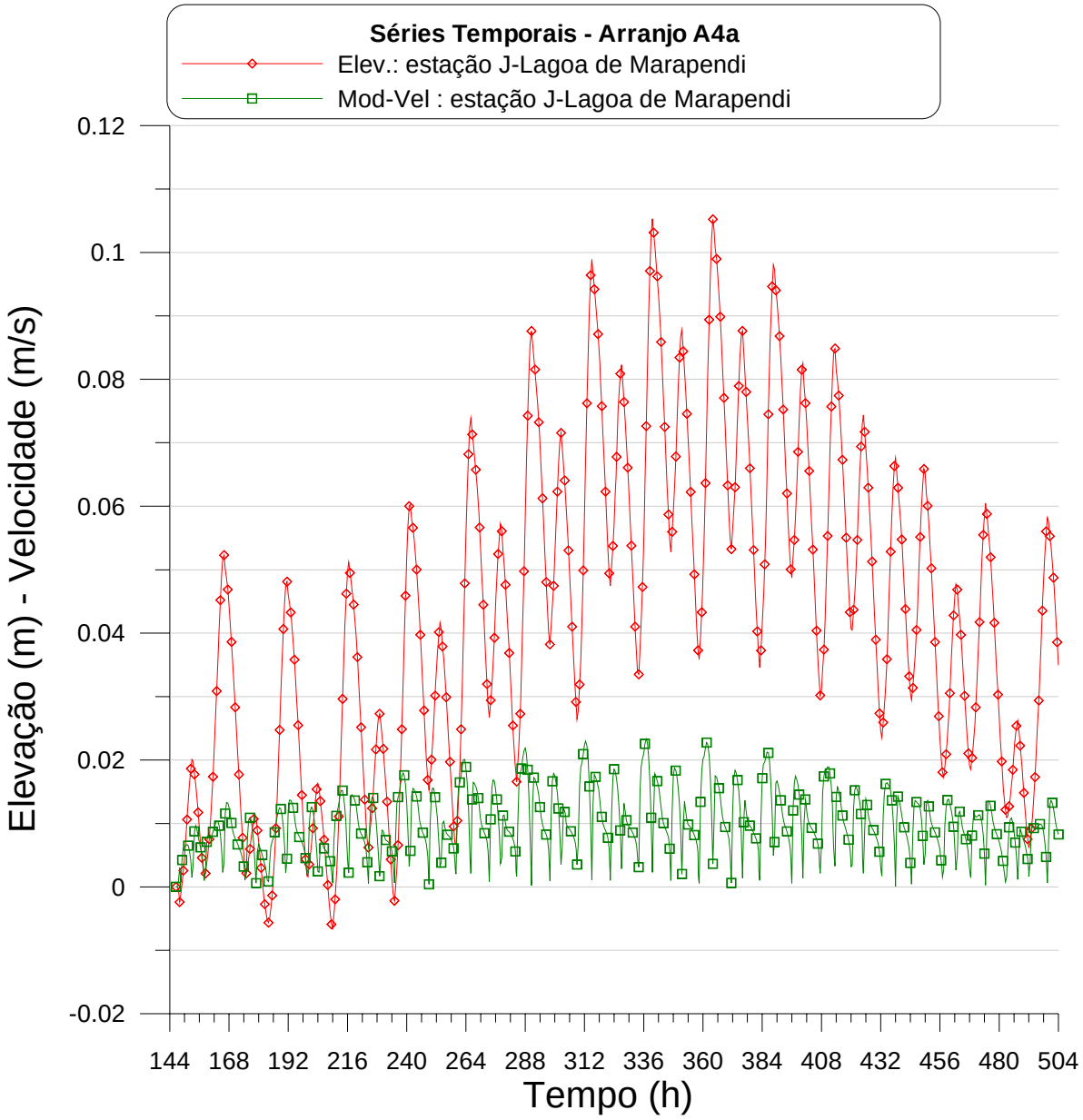


Figura 67. Arranjo A4a: séries temporais de valores de elevação de nível de água e módulo da velocidade de correntes na estação da Lagoa de Marapendi.

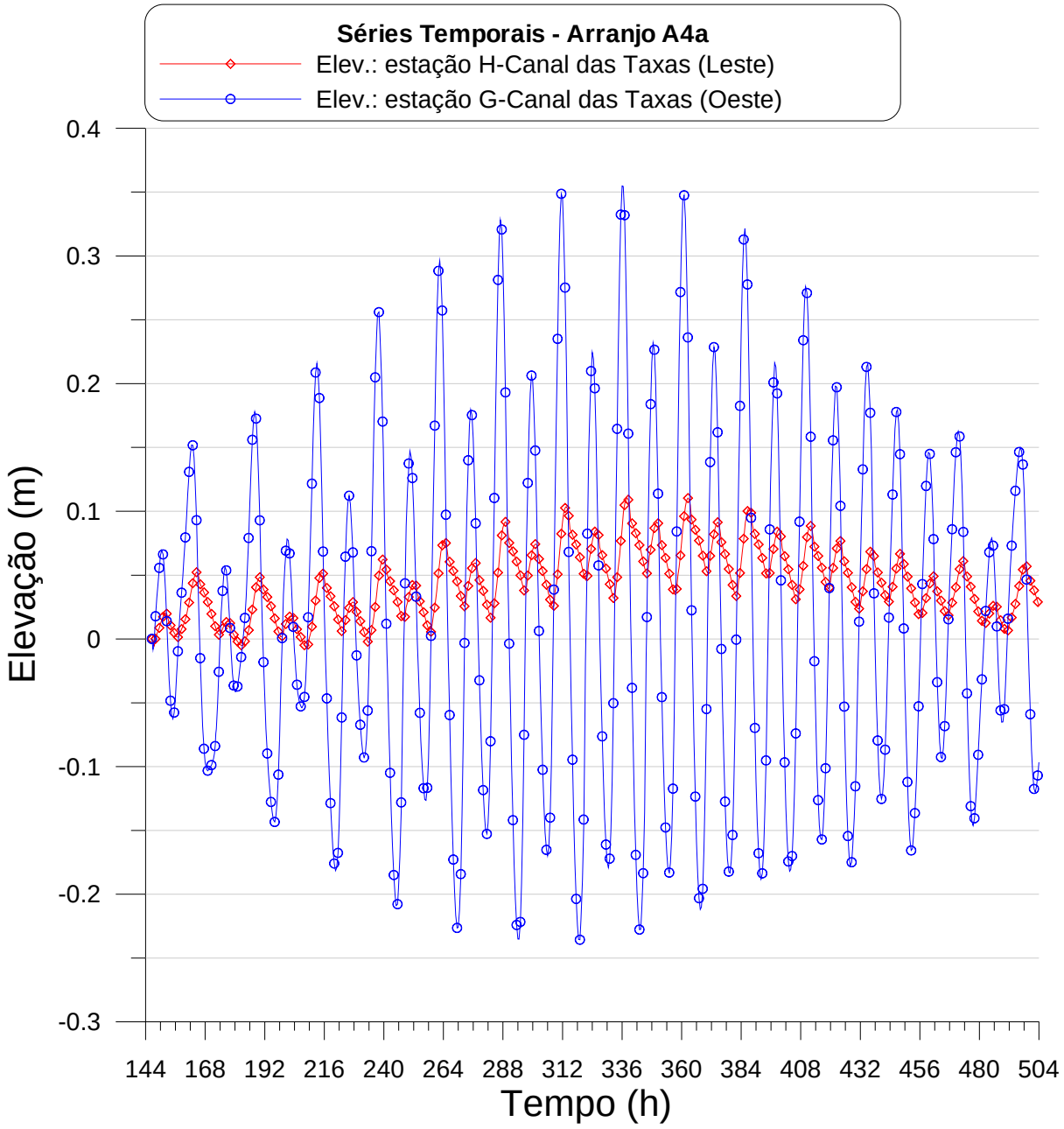


Figura 68. Arranjo A4a: séries temporais de valores de elevação de nível de água nas estações do Canal das Taxas Leste e Oeste.

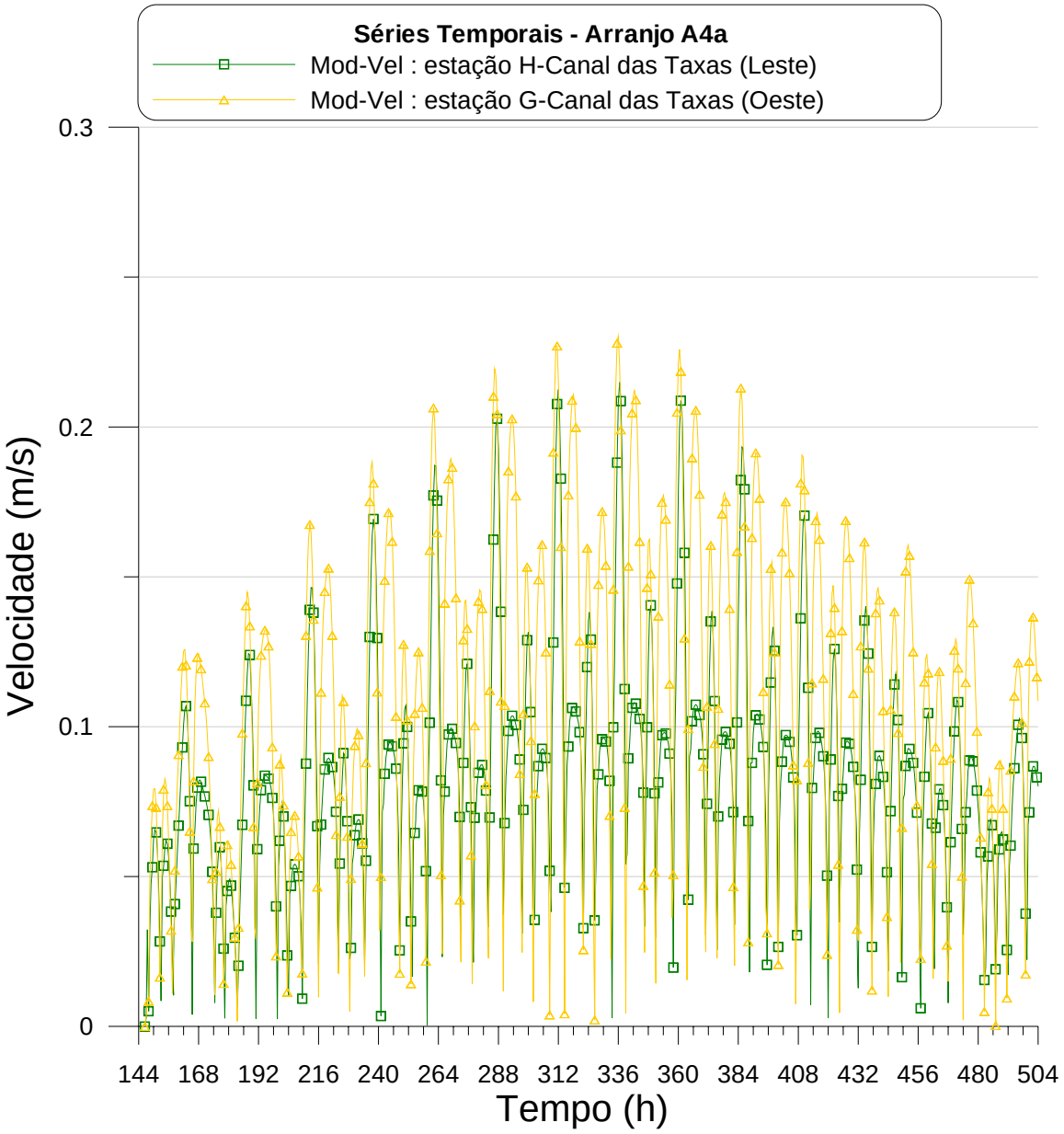


Figura 69. Arranjo A4a: séries temporais de valores de módulo da velocidade de correntes nas estações do Canal das Taxas Leste e Oeste.

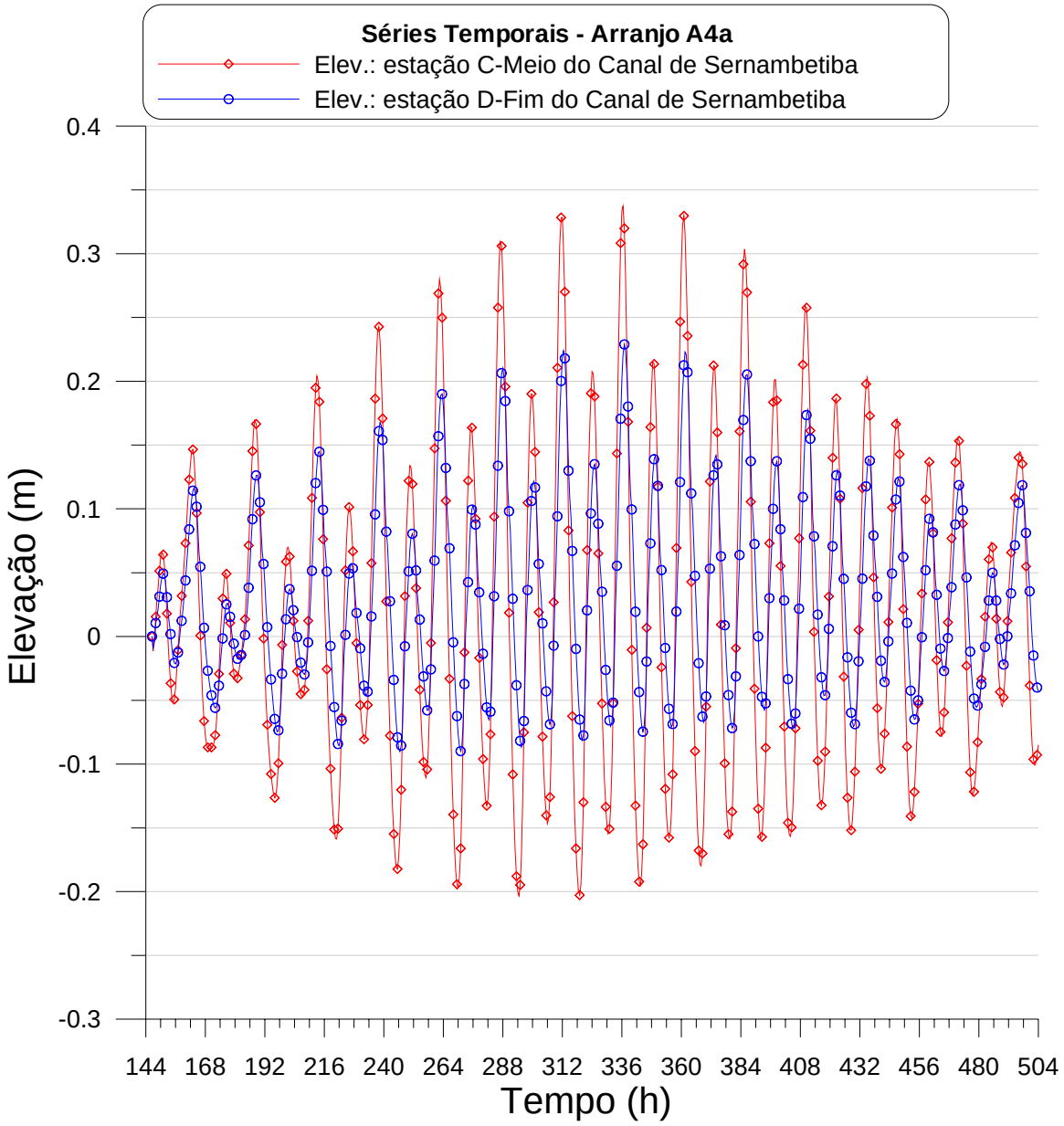


Figura 70. Arranjo A4a: séries temporais de valores de elevação de nível de água nas estações do meio e do fim do Canal de Sernambetiba.

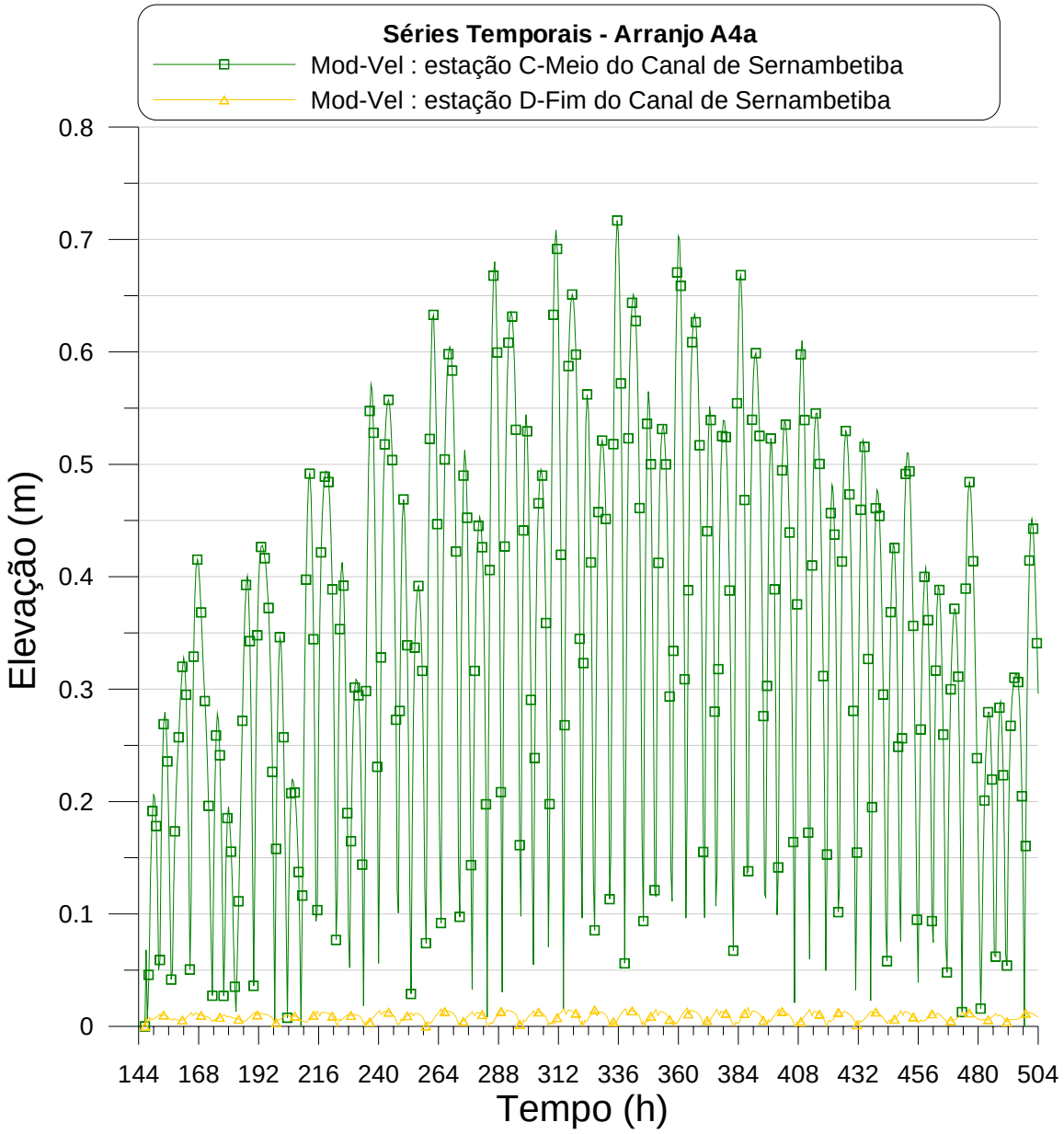


Figura 71. Arranjo A4a: séries temporais de valores de módulo de velocidade nas estações do meio e do fim do Canal de Sernambetiba

6.5. Resultados para o arranjo A4b

Para o arranjo hidráulico A4b, a Figura 72 apresenta a localização das estações nas quais gravou-se resultados de níveis de água, intensidade e direção de correntes ao longo do tempo. Para efeito de comparação com os valores de níveis de água gravados em estações internas, os valores de níveis de água no mar estão apresentados na Figura 14.

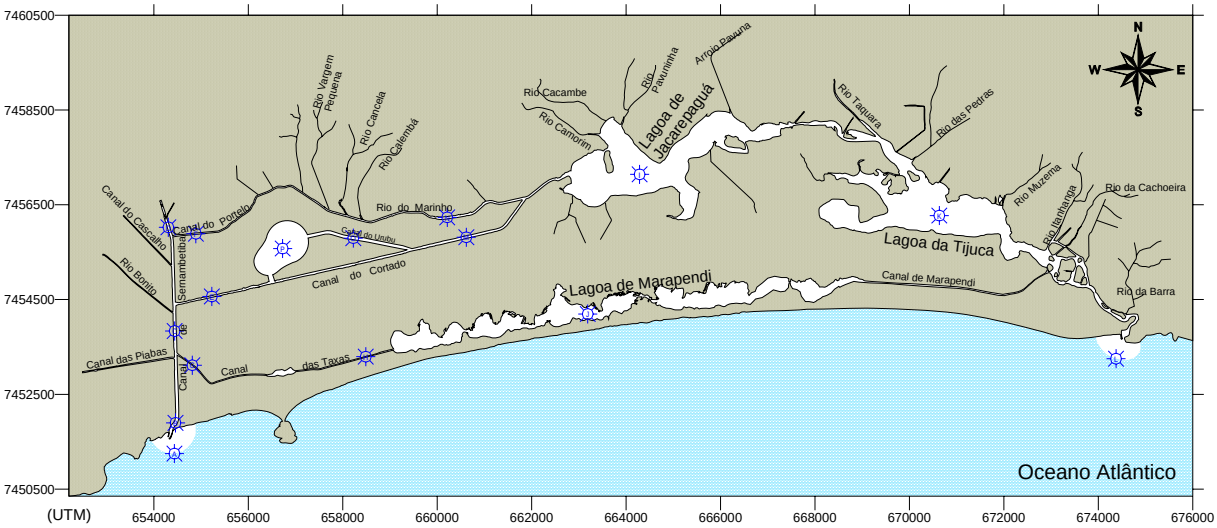


Figura 72. Mapa de posicionamento das estações para o arranjo hidráulico A4b. Nos pontos onde estão as estações foram gravados valores de níveis de água e correntes ao longo do tempo.

6.5.1. Mapas Ilustrativos para o arranjo A4b

Para o arranjo A4b, apresenta-se os seguintes mapas com o intuito de ilustrar os resultados obtidos:

1. Mapa de níveis de água em instante de preamar na embocadura, na Figura 73.
2. Mapa de vetores de velocidade e respectivo mapa de isolinhas de módulo de velocidade de correntes em instante de preamar na embocadura, nas duas estampas da Figura 74.
3. Mapa de níveis de água em instante de baixamar na embocadura, na Figura 75.
4. Mapa de vetores de velocidade e respectivo mapa de isolinhas de módulo de velocidade de correntes em instante de baixamar na embocadura, nas duas estampas da Figura 76.

Analisando tais mapas, destacam-se os seguintes pontos:

- Através das diferentes cores representando níveis de água pode-se verificar as diferentes fases de maré nos diversos recintos do sistema. Comparando-se os mapas do arranjo A4b, com os mapas do caso A4a, nota-se significativa mudança na Lagoa VC.
- As correntes nos canais a montante da Lagoa de Jacarepaguá passam a ser muito mais intensas, na medida que se interligam com o Canal de Sernambetiba.
- Com o estabelecimento de ligações da Lagoa VC através do Canal Cortado e Canal do Urubu, a circulação na Lagoa VC melhora muito, e a intensidade das correntes no canal do Urubu aumenta.
- O mesmo se verifica no Canal das Taxas, que passa a ligar a Lagoa de Marapendi com o Canal de Sernambetiba.
- No geral, o arranjo A4b é o melhor em relação a todos os anteriores, e muito melhor em ralação à Lagoa VC.

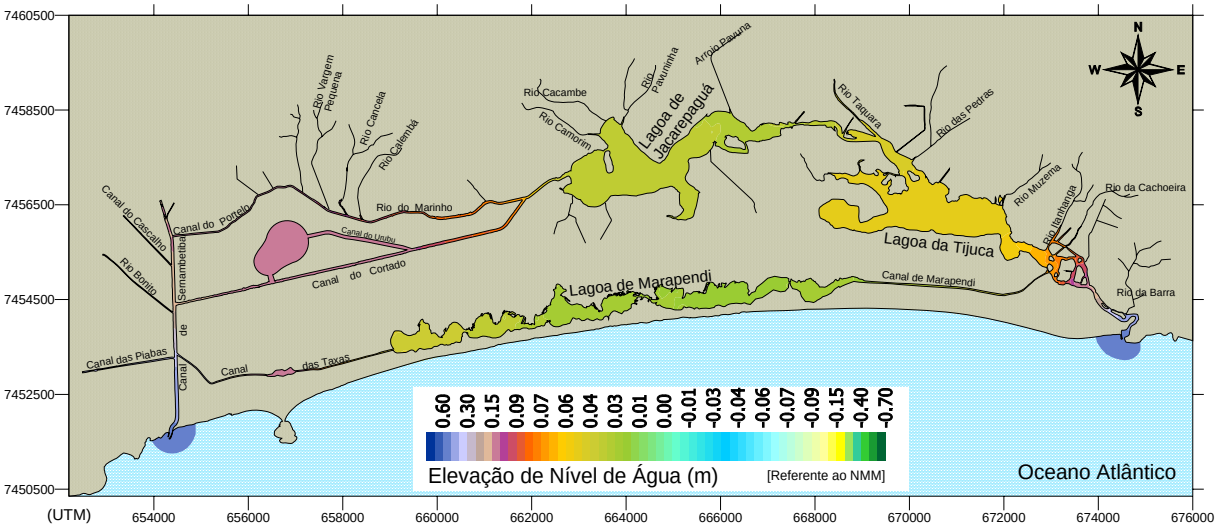
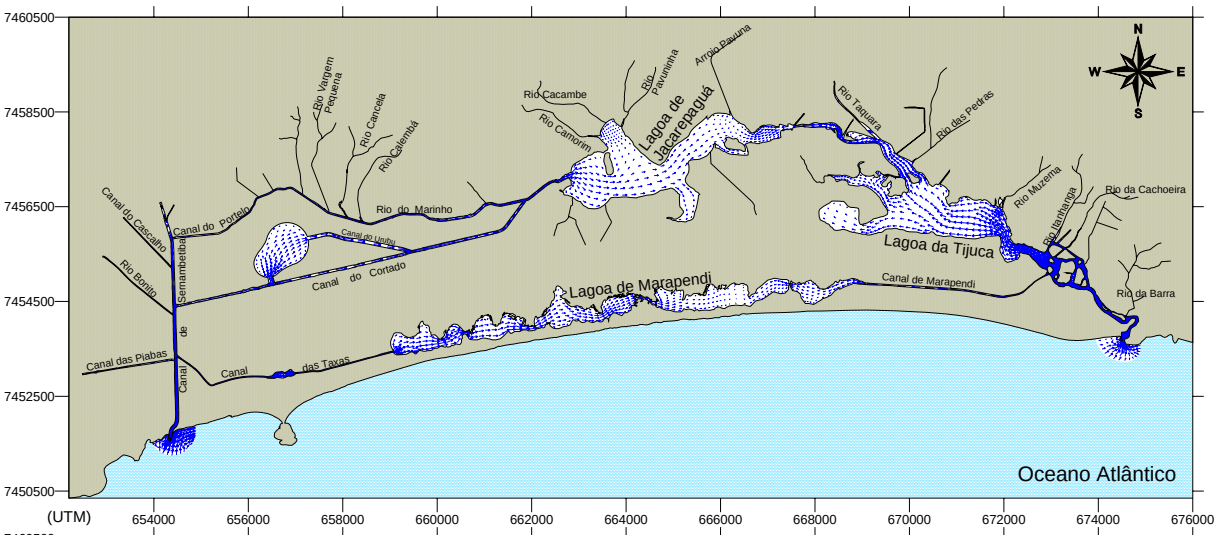


Figura 73. Arranjo A4b: Mapa ilustrativo de variação de níveis de água em situação de preamar típica de sizígia na embocadura.



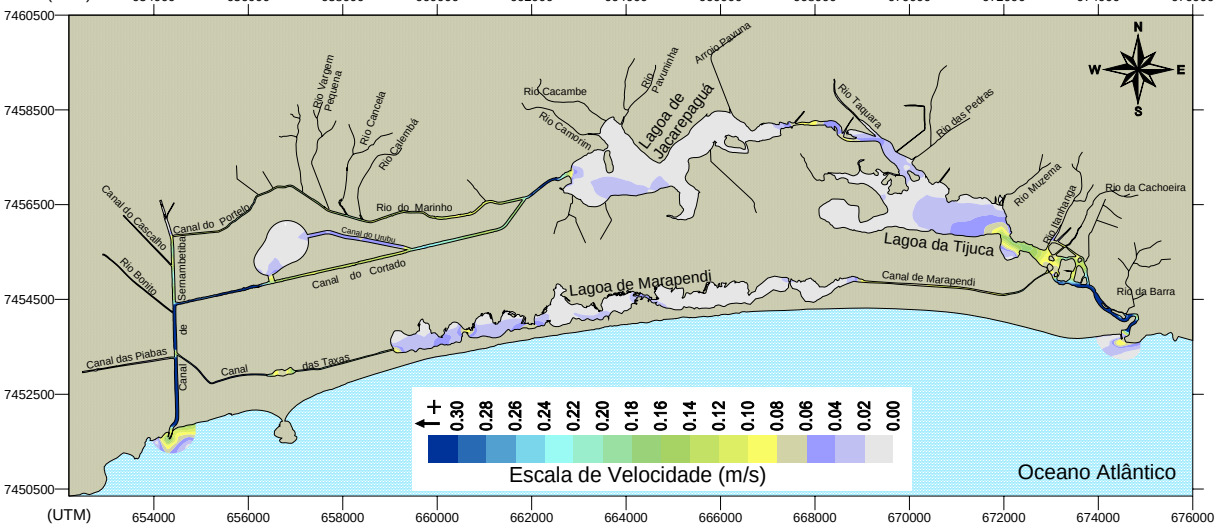


Figura 74. Arranjo A4b: Mapas ilustrativos de padrão de correntes em instante de preamar típica de sizígia na embocadura. Estampa superior mostra setas indicativas da direção do escoamento e estampa inferior indica magnitude das velocidades.

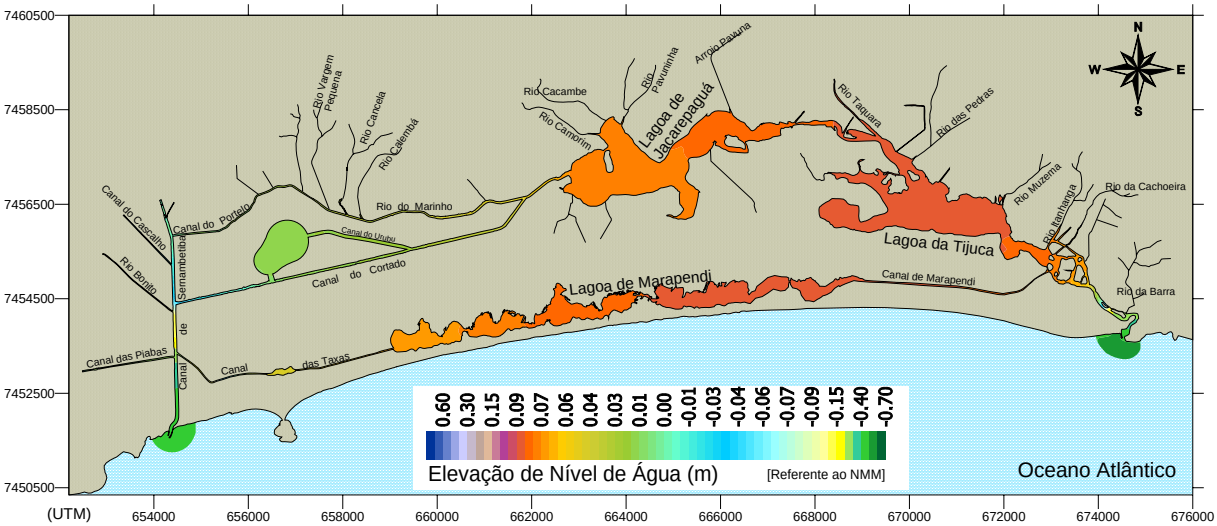


Figura 75. Arranjo A4b: Mapa ilustrativo de variação de níveis de água em situação de baixamar típica de sizígia na embocadura.

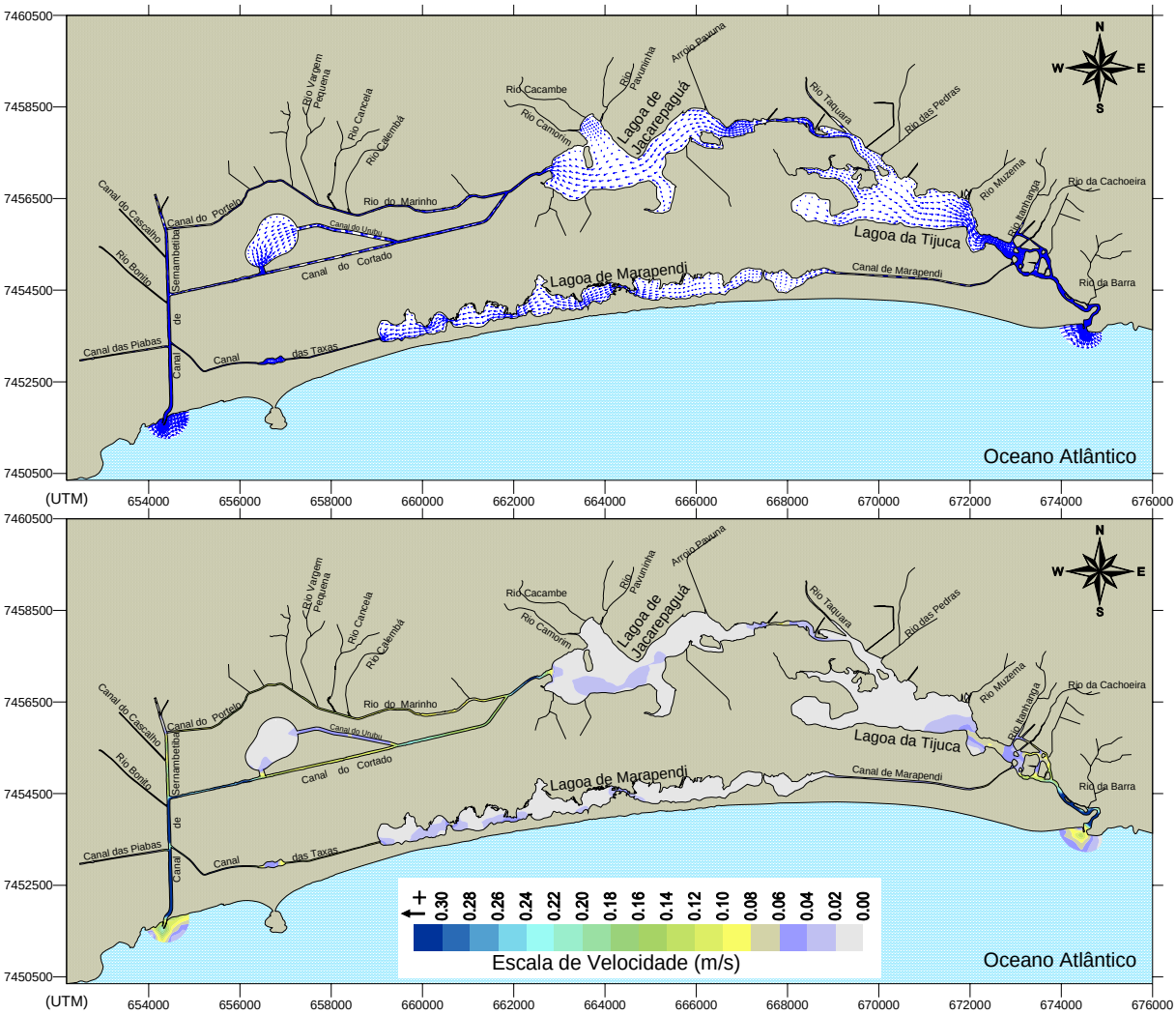


Figura 76. Arranjo A4b: Mapas ilustrativos de padrão de correntes em instante de baixamar típica de sizígia na embocadura. Estampa superior mostra setas indicativas da direção do escoamento e estampa inferior indica magnitude das velocidades.

6.5.2. Gráficos de séries temporais – Arranjo A4b

Através dos gráficos a seguir pode-se ter uma idéia mais quantitativa a respeito de níveis de água e intensidade de correntes em estações ao longo dos diferentes recintos. A localização das estações no Arranjo A4b é apresentada na Figura 72.

Para este caso são apresentados os seguintes gráficos, nos quais destaca-se:

- Figura 77. Arranjo A4b: séries temporais de valores de elevação de nível de água nas estações da Lagoa da Tijuca e da Lagoa de Jacarepaguá.
  - Como no caso A4a, com a interligação do sistema lagunar com o Canal de Sernambetiba, ocorre um forte aumento nas amplitudes de maré, especialmente na Lagoa de Jacaréguá. Comparando as amplitudes de maré na Lagoa de Jacarepaguá para o caso A4b, com o projeto original retratado no arranjo A2, nota-se uma impressionante ampliação de quase 6 vezes nas alturas de maré de sizígia, o que é muito bom.
- Figura 78. Arranjo A4b: séries temporais de valores de módulo da velocidade de correntes nas estações da Lagoa da Tijuca e da Lagoa de Jacarepaguá.
  - Semelhante ao caso A4a, a intensidade das correntes em ambas as lagoas é ainda pequena, o que é natural, mas cresceu significativamente em relação às verificadas nos casos A1 e A2.
- Figura 79. Arranjo A4b: séries temporais de valores de elevação de nível de água nas estações do Canal Cortado Leste e Oeste.
  - Como no caso A4a, no Canal Cortado, as amplitudes de maré crescem muito com sua ligação ao Canal de Sernambetiba. Em comparação com as amplitudes de no mar, cf. Figura 14, a porção Oeste do Canal Cortado passa a ter marés com valores superiores a 27% dos verificados no mar, e a porção Leste com valores superiores a 23%. Ambos muito superiores aos valores da ordem de 3% a 4% que ocorrem para os casos A1 e A2. Os valores são um pouco menores que os verificados no arranjo A3, devido à presença da Lagoa VC.
- Figura 80. Arranjo A4b: séries temporais de valores de módulo da velocidade de correntes nas estações do Canal Cortado Leste e Oeste.
  - A intensidade das correntes no Canal Cortado é muito maior no arranjo A4b do que a verificada com os arranjos A1 e A2. No caso A4b as velocidades médias das correntes são superiores a 20 cm/s na parte Oeste do Canal e da ordem de 13 cm/s na parte Leste, contra menos de 1 cm/s nos casos A1 e A2.
  - Em relação ao arranjo A3, no arranjo A4b também ocorre um aumento das correntes na parte Oeste e uma diminuição na parte Leste por conta da ligação da Lagoa VC ao sistema através do Canal do Urubu. Em comparação com o caso A4a, as velocidades na parte Oeste do Canal Cortado são um pouco maiores no arranjo A4b, devido à ligação direta com a Lagoa VC.
- Figura 81. Arranjo A4b: séries temporais de valores de elevação de nível de água nas estações do Canal do Portelo e do Rio Marinho.
  - No Canal do Portelo e Rio Marinho, repetem-se os mesmos efeitos observados no caso A4a. Isto é, com o arranjo A4b também ocorre forte aumento nas amplitudes de maré em comparação com as verificadas nos arranjos A1 e A2.
- Figura 82. Arranjo A4b: séries temporais de valores de módulo de velocidade nas estações do Canal do Portelo e do Rio Marinho.
  - Também no caso das correntes de maré, no Canal do Portelo e Rio Marinho observa-se efeitos semelhantes aos verificados no arranjo A4a. No caso A4b as veloci-

dades médias das correntes passam para a faixa de 9 a 13 cm/s, contra menos de 1 cm/s nos casos A1 e A2.

- Figura 83. Arranjo A4b: séries temporais de valores de elevação de nível de água nas estações do Canal do Urubu e do Lago.
    - Com a implantação da Lagoa VC, as variações de nível no Canal do Urubu diminuem em relação ao caso A3, mas são muito maiores que as verificadas no projeto original retratado no caso A2. No caso A4b, as alturas de maré na Lagoa VC são um pouco maiores que no arranjo A4a.
- Figura 84. Arranjo A4b: séries temporais de valores de módulo da velocidade de correntes nas estações do Canal do Urubu e da Lagoa VC.
    - Com a dupla ligação, a dinâmica na Lagoa VC e no o Canal do Urubu intensificam-se em relação ao arranjo A4a.
    - As intensidades das correntes crescem cerca de 4 vezes em relação ao que ocorria no caso A3 e mais que 5 vezes em comparação com o caso A2.
    - No arranjo A4b, a Lagoa VC é muito mais dinâmica que no arranjo A4a.
- Figura 85. Arranjo A4b: séries temporais de valores de elevação de nível de água e módulo da velocidade de correntes na estação da Lagoa de Marapendi.
    - Com a ligação do Canal das Taxas ao Canal de Sernambetiba melhora muito a circulação na Lagoa de Marapendi. As amplitudes de maré crescem em 5 vezes quando comparadas com as verificadas nos casos A1 e A2.
    - A intensidade das correntes na Lagoa continua pequena, mas no arranjo A4b é pelo menos 3 vezes maior que a verificada nos casos A1 e A2.
- Figura 86. Arranjo A4b: séries temporais de valores de elevação de nível de água nas estações do Canal das Taxas Leste e Oeste.
    - No Canal das Taxas ligado ao Canal de Sernambetiba, as amplitudes de maré são muito maiores que nos casos A1 e A2. No setor Oeste, em marés de sizígia típicas, as amplitudes de crescem de menos de 3 cm para cerca de 50 cm, e no setor Leste, de menos de 3 cm para 15 cm. O desnível verificado causa uma forte e saudável corrente, que acaba com a estagnação e viabiliza a recuperação ambiental da chamada Lagoinha.
- Figura 87. Arranjo A4b: séries temporais de valores de módulo de velocidade nas estações do Canal das Taxas Leste e Oeste.
    - No arranjo A4b a intensidade das correntes no Canal das Taxas passa a ser considerável. Em comparação com os estagnantes valores inferiores a 1cm/s verificadas nos arranjos A1 e A2, no caso A4b, as correntes médias passam para valores no entorno de 15 cm/s.
- Figura 88. Arranjo A4b: séries temporais de valores de elevação de nível de água nas estações do meio e do fim do Canal de Sernambetiba.
    - Como no caso A3, sendo o Canal de Sernambetiba ligado ao sistema lagunar, diminuem as amplitudes de maré ao longo do canal, o que é positivo para a drenagem regional.
    - Com a implementação da Lagoa VC, as amplitudes na parte de montante do canal diminuem ainda mais que no caso A3, evidenciando o benefício da Lagoa VC para o sistema de drenagem.
- Figura 89. Arranjo A4b: séries temporais de valores de módulo de velocidade nas estações do meio e do fim do Canal de Sernambetiba

- Com a interligação ao sistema lagunar aumentam muito as velocidades das correntes de enchente e vazante no Canal de Sernambetiba, tornando-o auto-limpante. Com a Lagoa VC o aumento é ainda maior do que o verificado no caso A3.

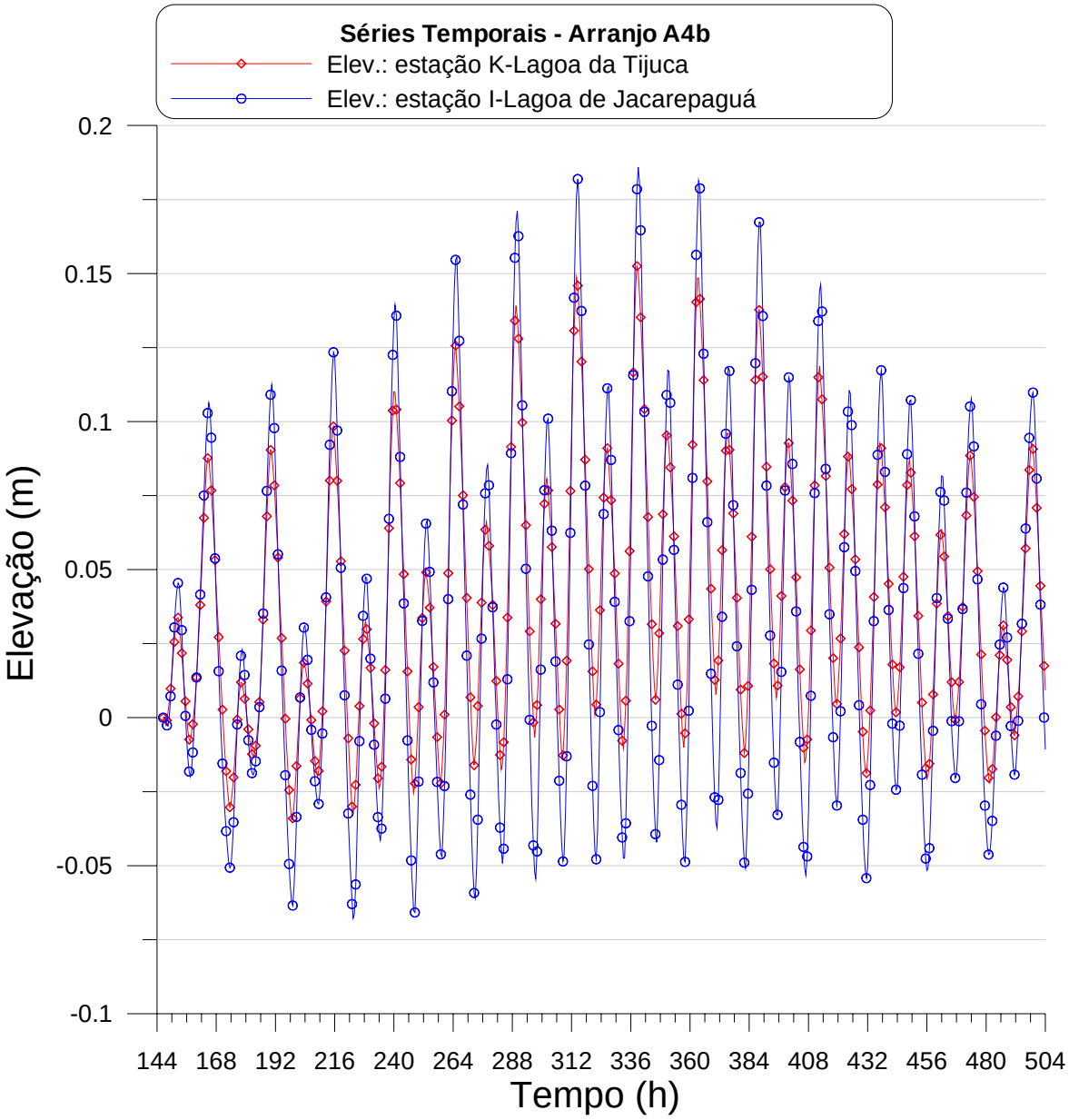


Figura 77. Arranjo A4b: séries temporais de valores de elevação de nível de água nas estações da Lagoa da Tijuca e da Lagoa de Jacarepaguá.

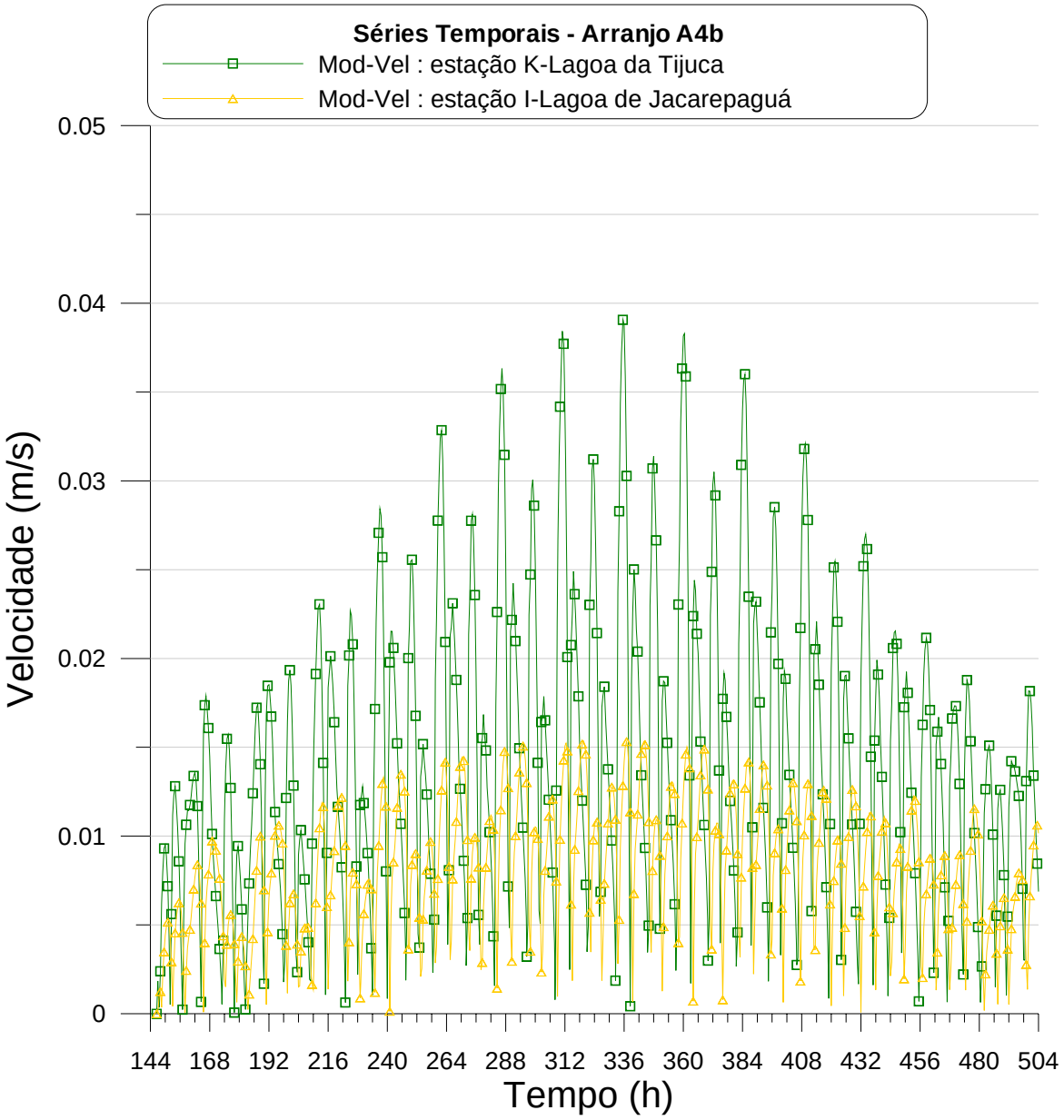


Figura 78. Arranjo A4b: séries temporais de valores de módulo da velocidade de correntes nas estações da Lagoa da Tijuca e da Lagoa de Jacarepaguá.

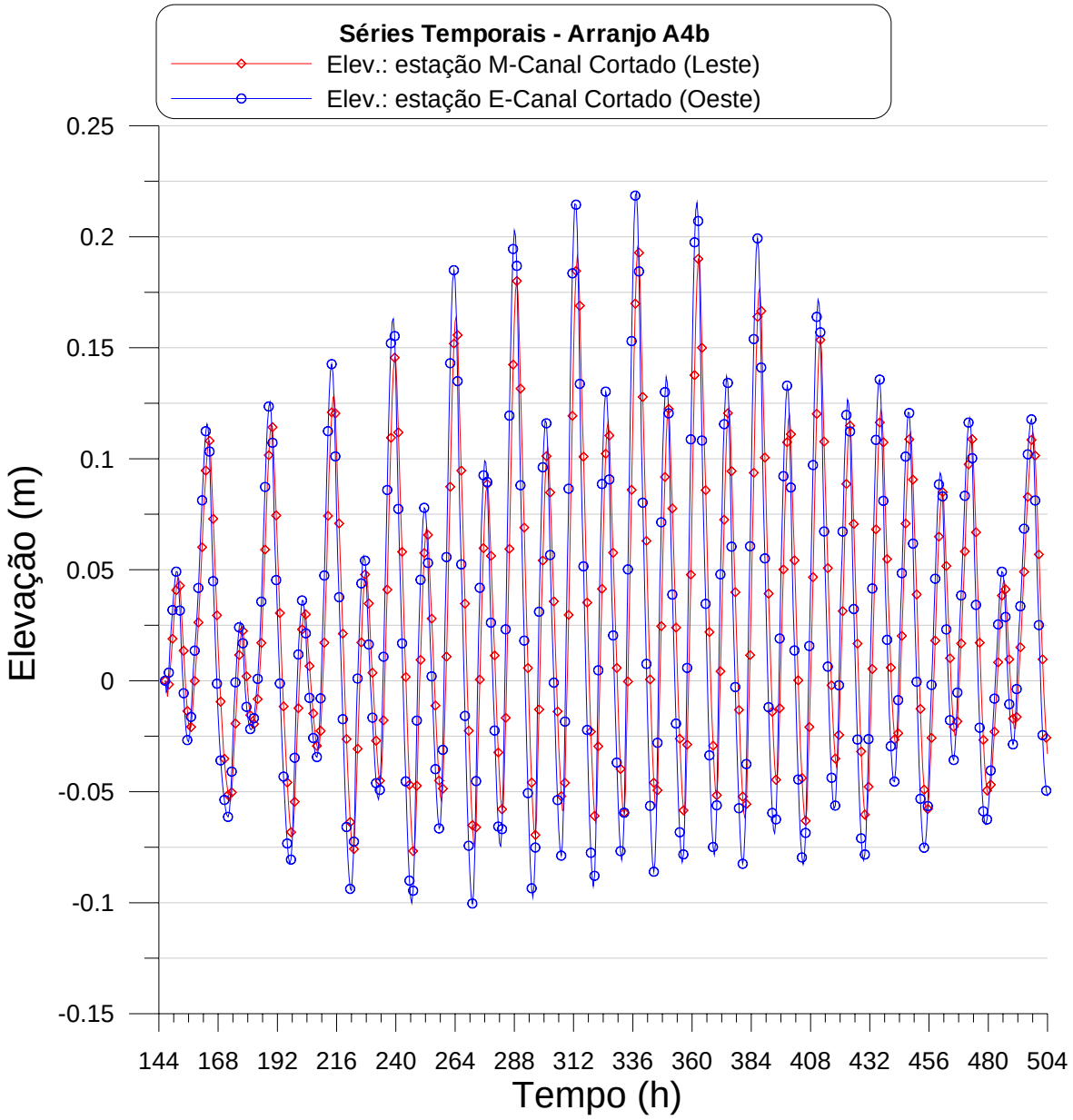


Figura 79. Arranjo A4b: séries temporais de valores de elevação de nível de água nas estações do Canal Cortado Leste e Oeste.

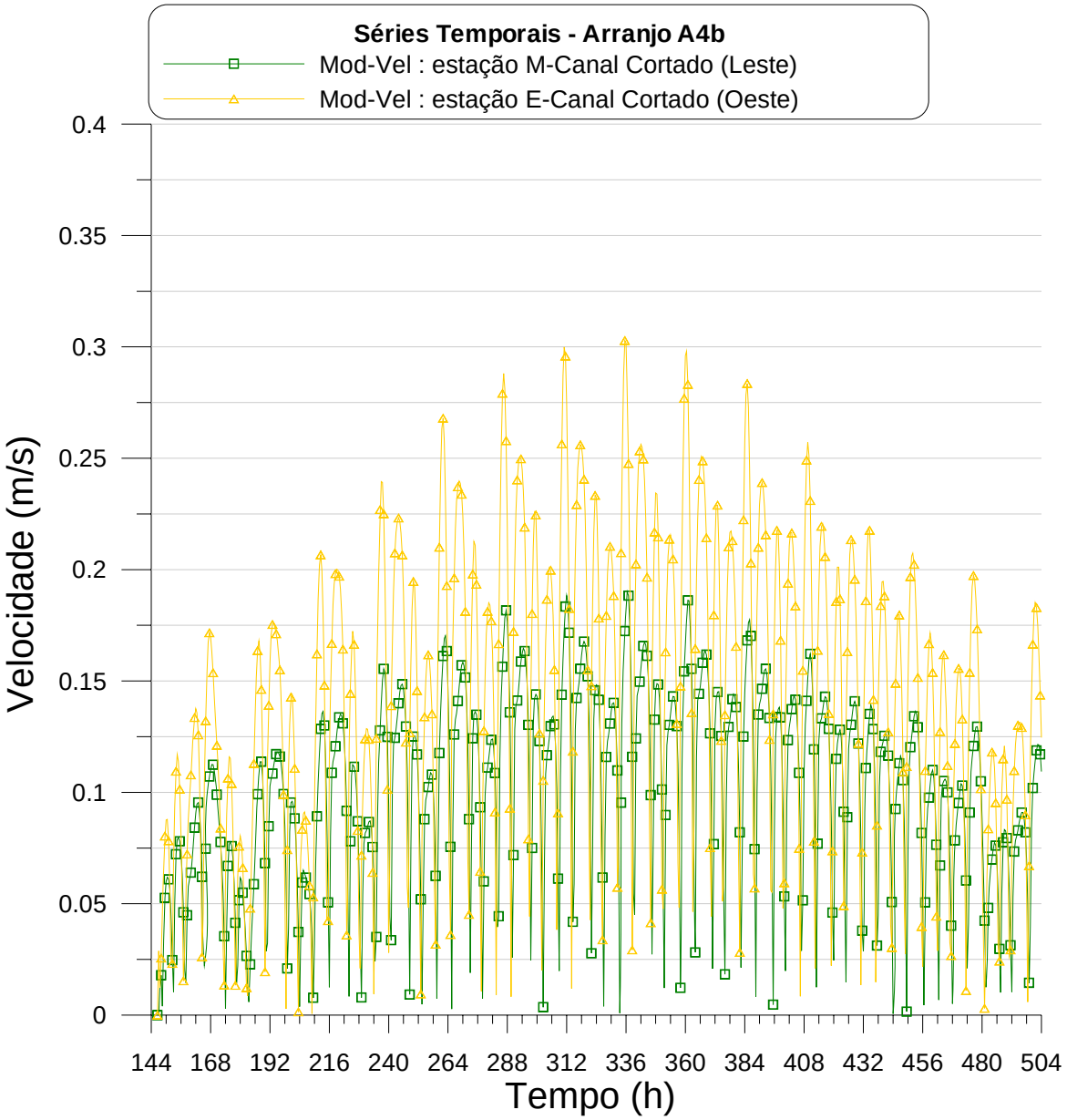


Figura 80. Arranjo A4b: séries temporais de valores de módulo da velocidade de correntes nas estações do Canal Cortado Leste e Oeste.

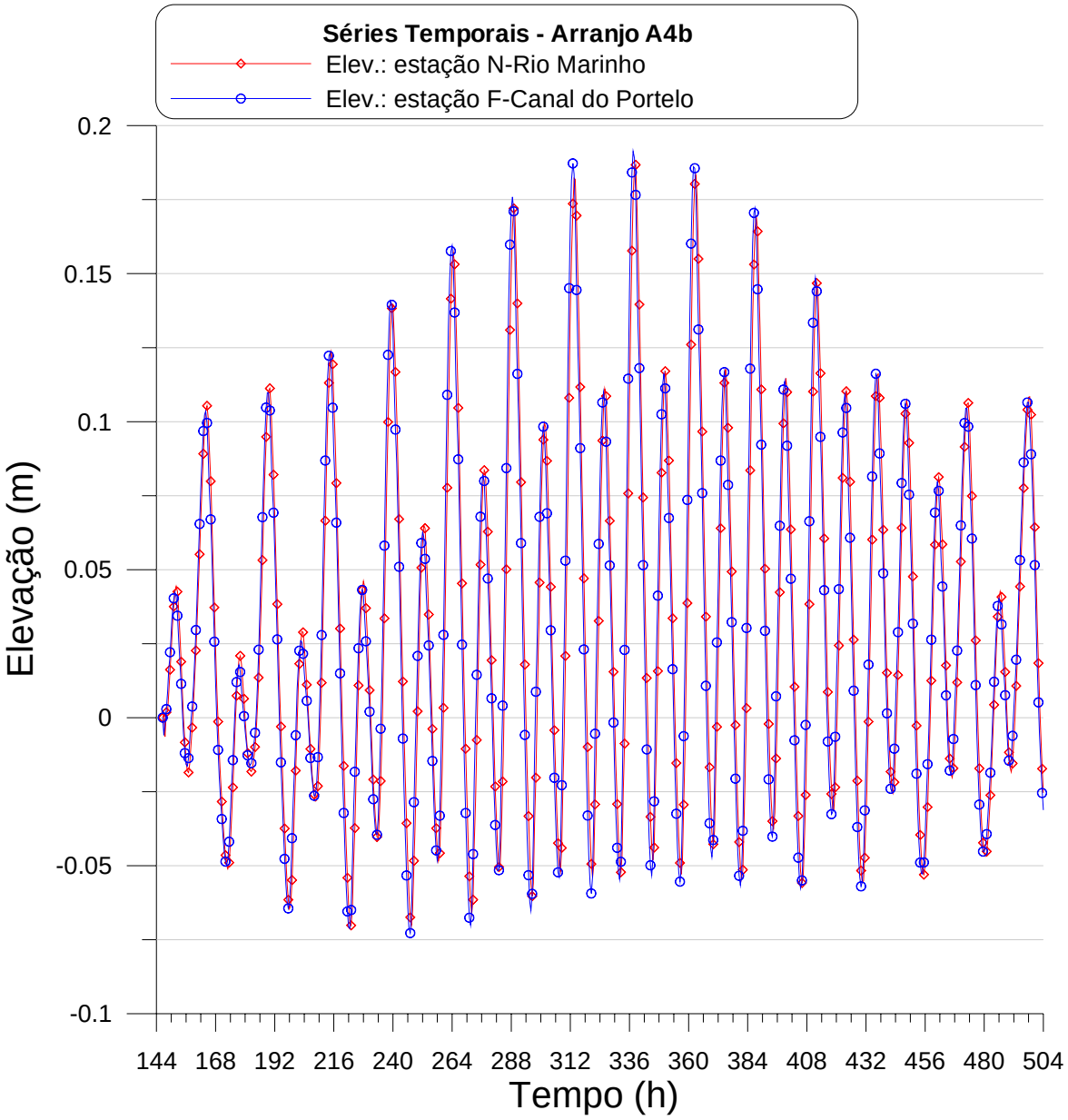


Figura 81. Arranjo A4b: séries temporais de valores de elevação de nível de água nas estações do Canal do Portelo e do Rio Marinho.

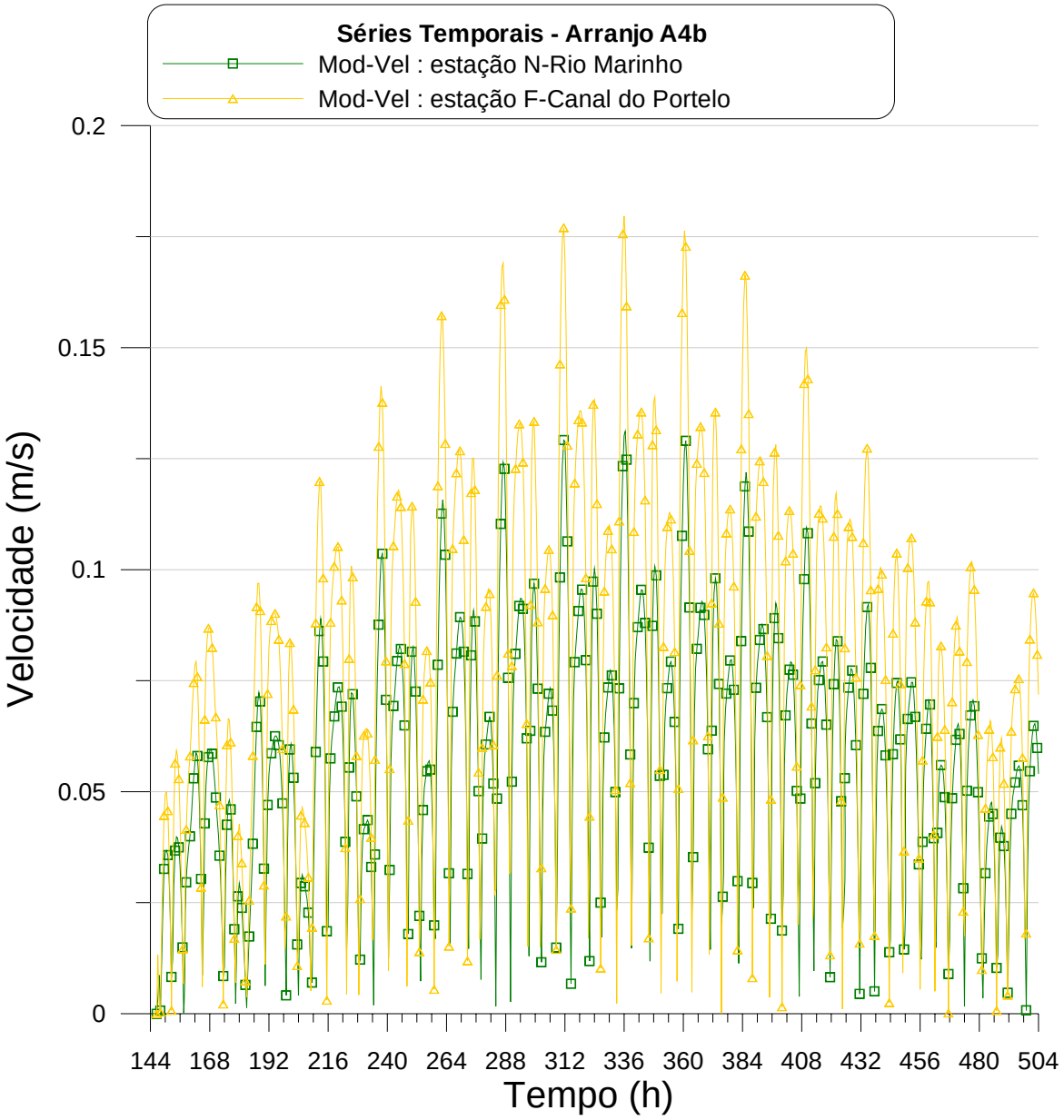


Figura 82. Arranjo A4b: séries temporais de valores de módulo de velocidade nas estações do Canal do Portelo e do Rio Marinho.

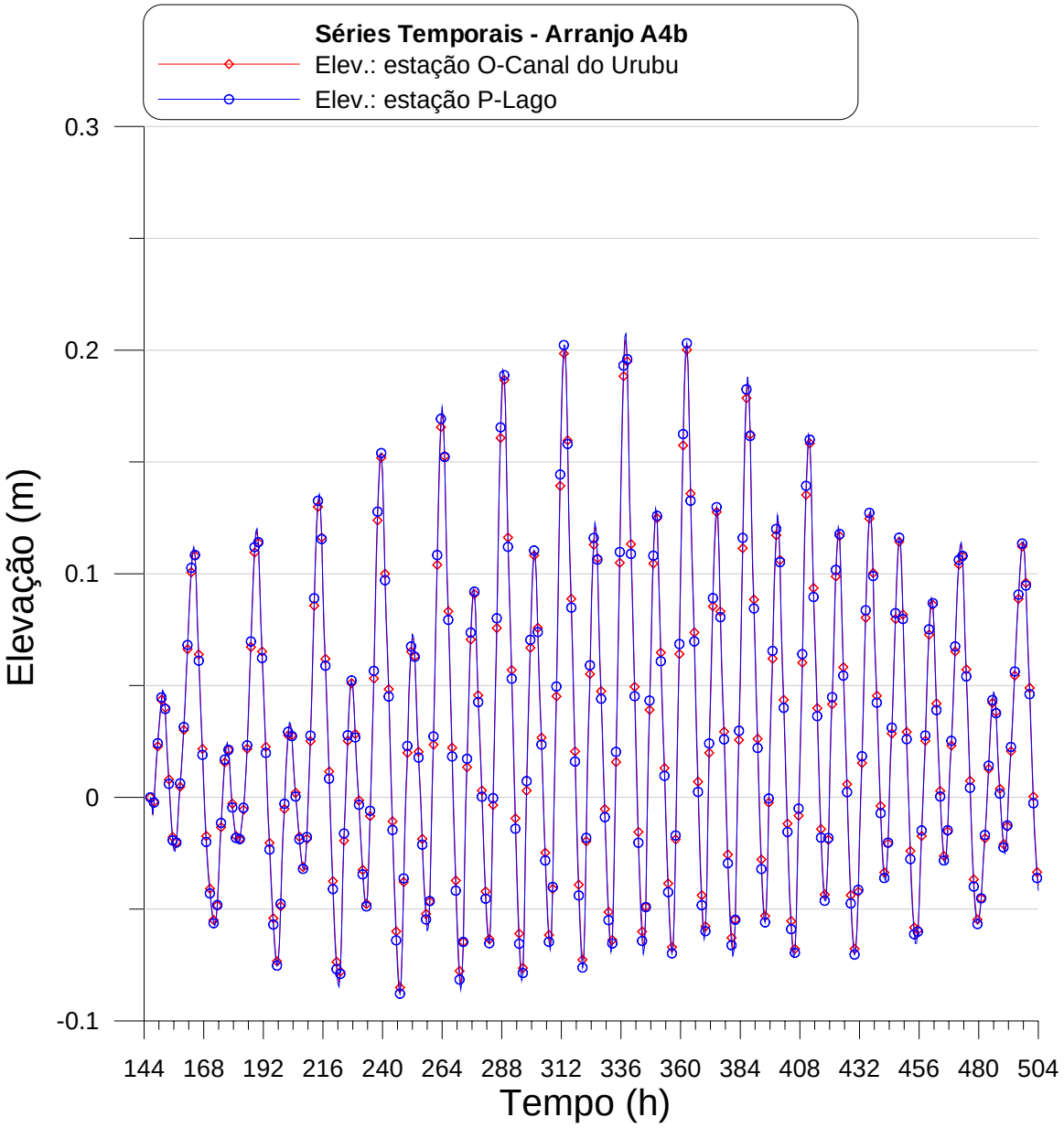


Figura 83. Arranjo A4b: séries temporais de valores de elevação de nível de água nas estações do Canal do Urubu e do Lago.

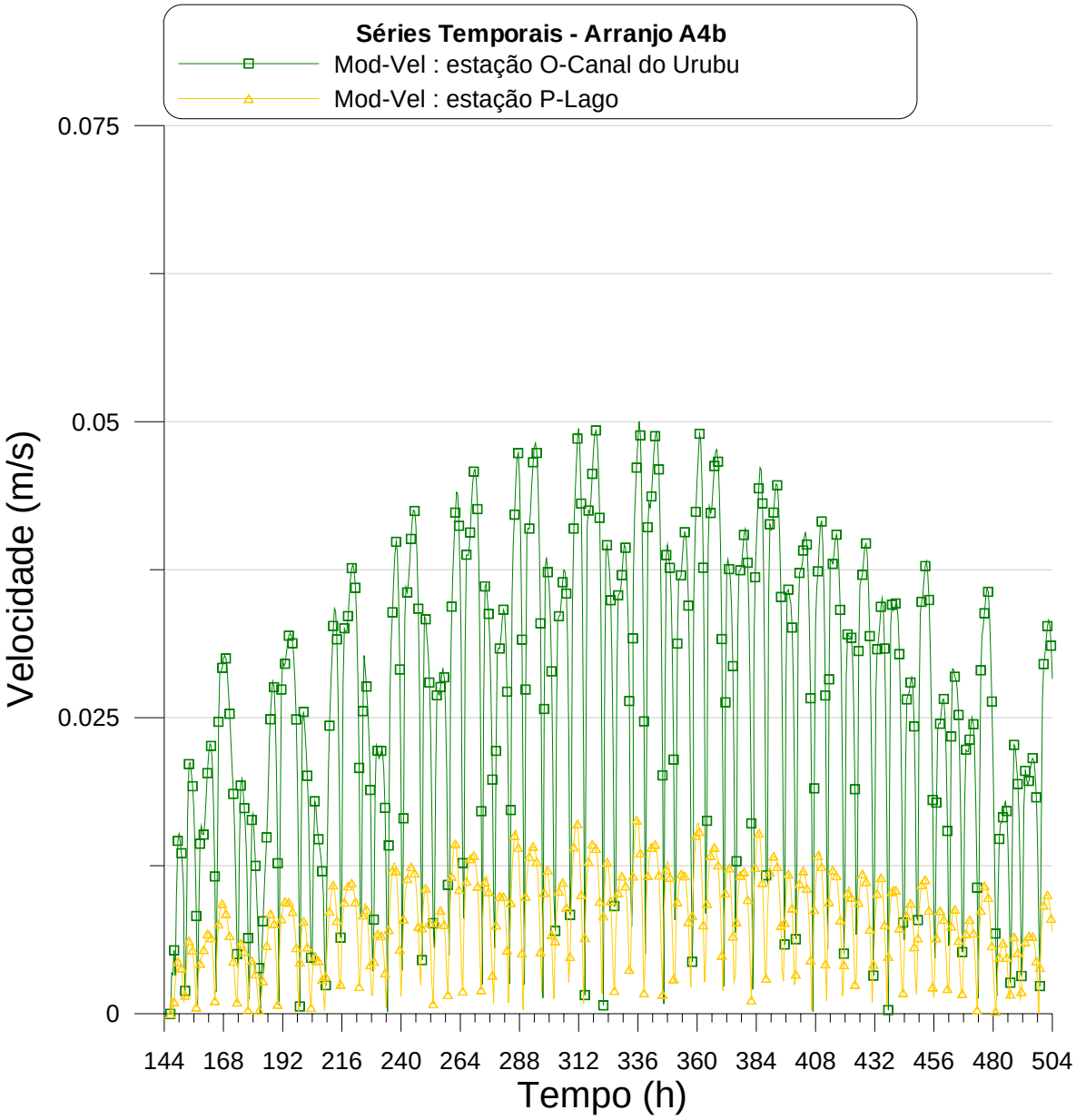


Figura 84. Arranjo A4b: séries temporais de valores de módulo da velocidade de correntes nas estações do Canal do Urubu e da Lagoa VC.

Nota: a estação da Lagoa VC está referenciada como “P-Lago” na legenda acima.

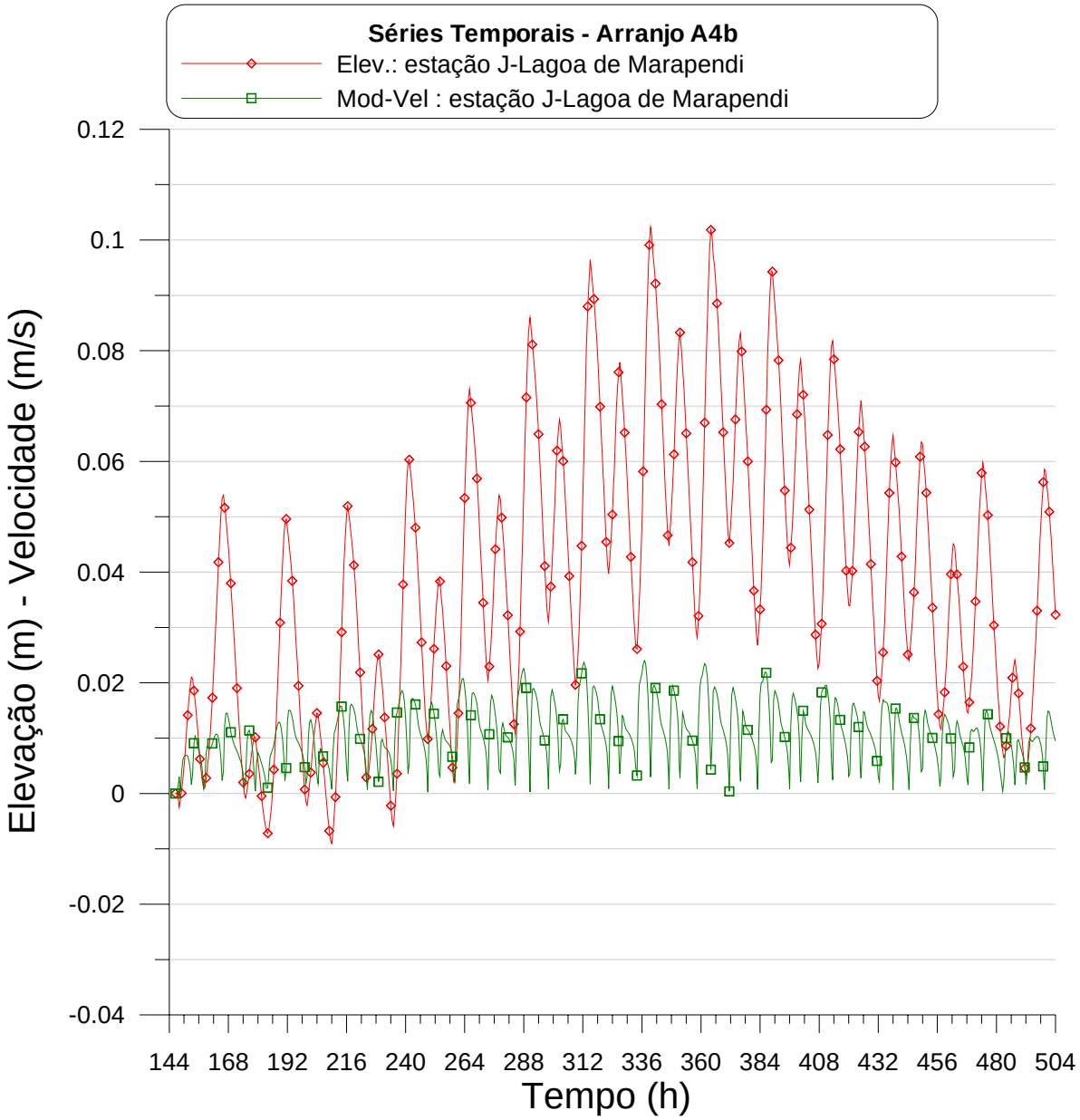


Figura 85. Arranjo A4b: séries temporais de valores de elevação de nível de água e módulo da velocidade de correntes na estação da Lagoa de Marapendi.

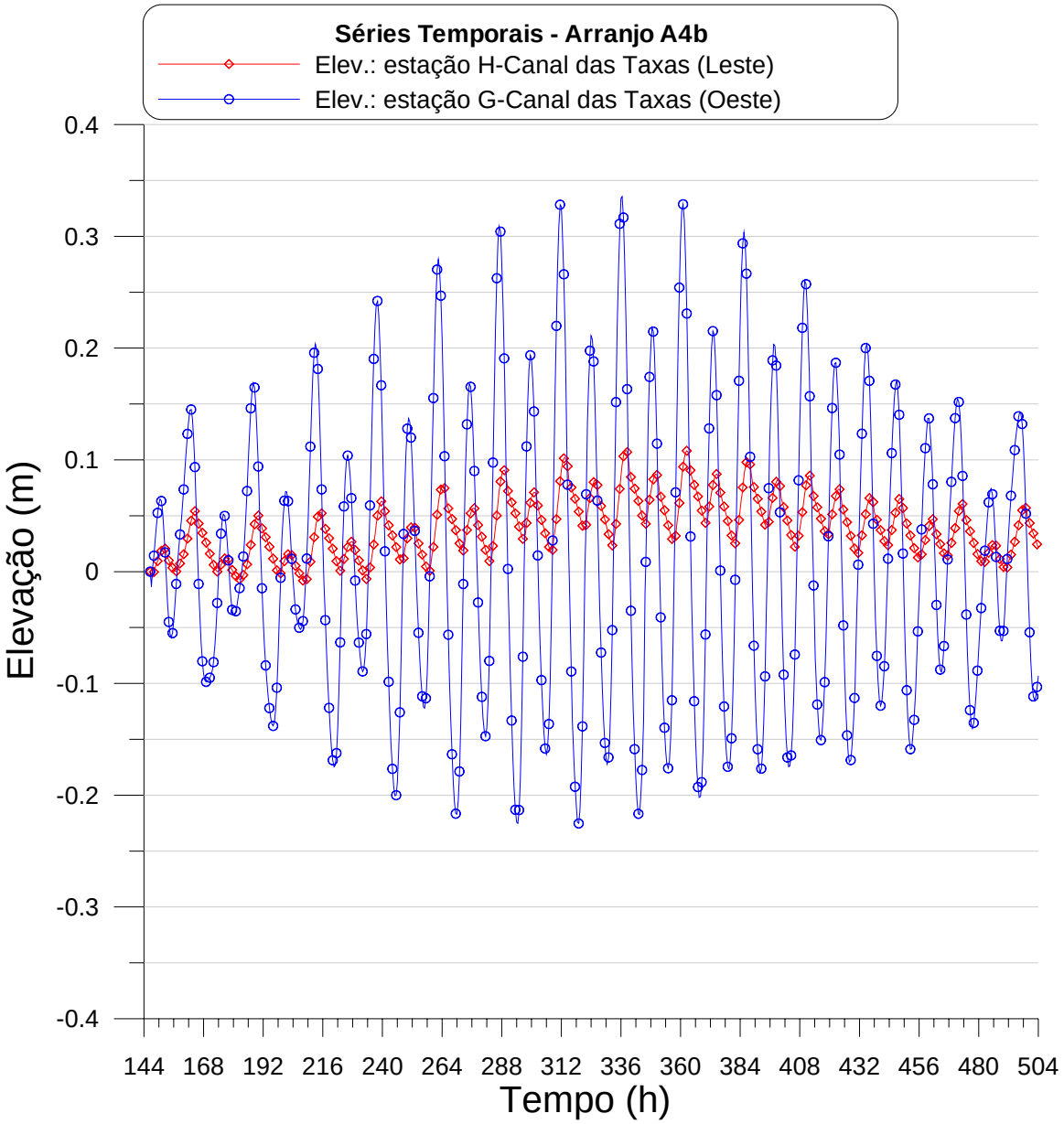


Figura 86. Arranjo A4b: séries temporais de valores de elevação de nível de água nas estações do Canal das Taxas Leste e Oeste.

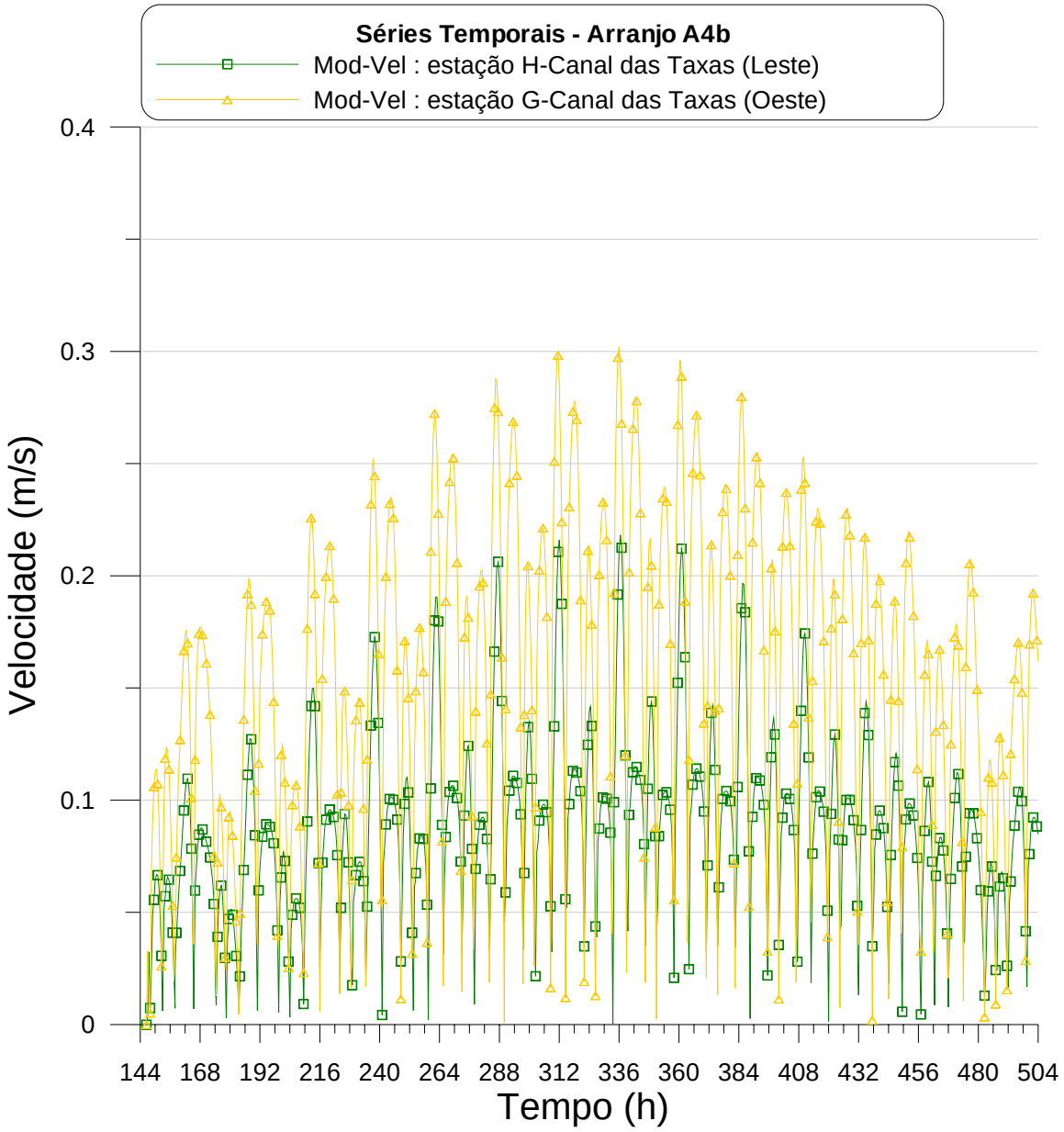


Figura 87. Arranjo A4b: séries temporais de valores de módulo de velocidade nas estações do Canal das Taxas Leste e Oeste.

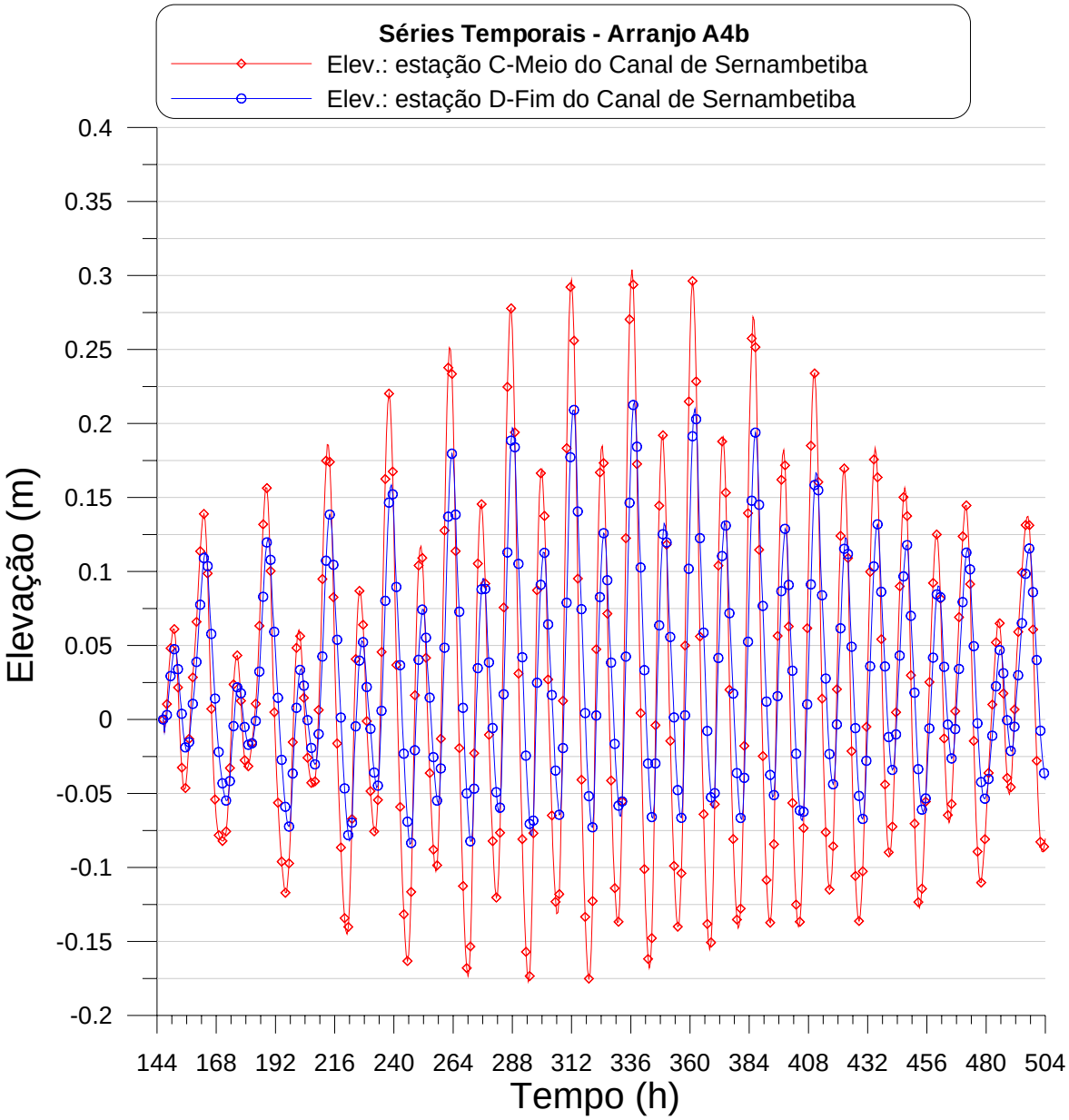


Figura 88. Arranjo A4b: séries temporais de valores de elevação de nível de água nas estações do meio e do fim do Canal de Sernambetiba.

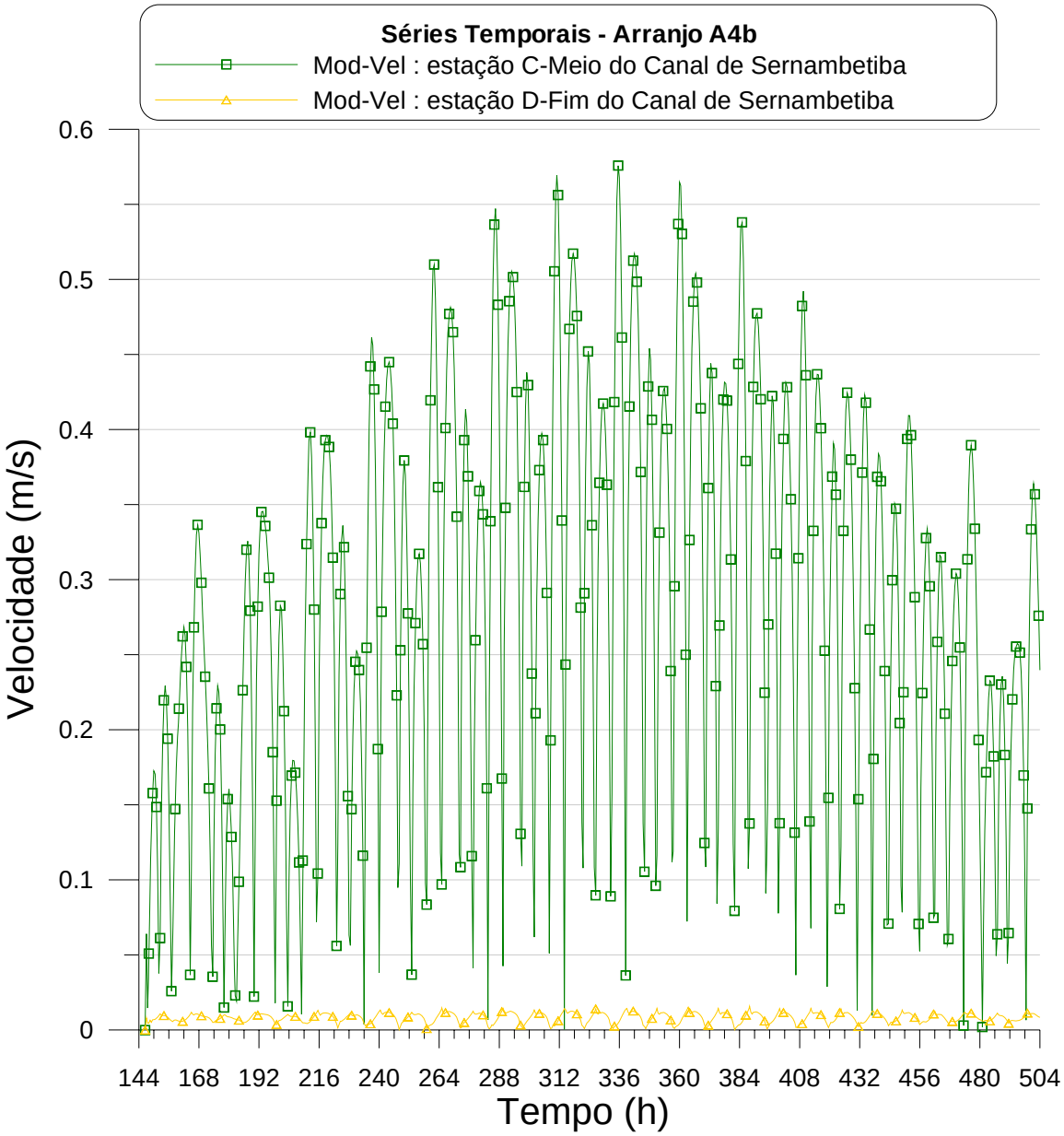


Figura 89. Arranjo A4b: séries temporais de valores de módulo de velocidade nas estações do meio e do fim do Canal de Sernambetiba

7. Resultados obtidos com arranjo A4b, e hidrogramas de cheia com T_R = 20 anos

Objetivando avaliar o funcionamento do sistema sob vazões de cheias nas cabeceiras dos rios afluentes à bacia de Sernambetiba, foram simuladas duas situações extremas em maré de sizígia típica, denominados:

1. Cheia preamar: situação com ocorrência do pico de vazões no instante de preamar na embocadura do Canal de Sernambetiba.
2. Cheia baixamar: situação com ocorrência do pico de vazões no instante de baixamar na embocadura do Canal de Sernambetiba.

Como os canais apresentam marés de caráter progressivo, destaca-se que foram escolhidos os instantes de preamar e baixamar na embocadura do Canal de Sernambetiba, porque nesta situação o sistema lagunar e os canais estarão no máximo de das correntes de enchente e vazante de maré respectivamente. Tais casos representariam exatamente as situações extremas em relação à hora de passagem do pico de vazões fluviais.

Os resultados a seguir mostram que os efeitos da vazão de cheia com tempo de retorno de 20 anos são facilmente absorvidos pelo sistema. Os efeitos das cheias só são facilmente visíveis nas estações a montante da bacia do canal de Sernambetiba.

Para cada um dos casos os resultados são apresentados em forma de gráficos de série temporais de níveis de água e de velocidade de correntes em estações localizadas em pontos selecionados, com o intuito de mostrar valores quantitativos.

Para o arranjo hidráulico A4b as estações selecionadas estão apresentadas na Figura 72, repetida abaixo para comodidade.Em cada uma das estações foram gravados resultados de níveis de água, intensidade e direção de correntes ao longo do tempo. Para efeito de comparação com os valores de níveis de água gravados em estações internas, os valores de níveis de água no mar estão apresentados na Figura 14.

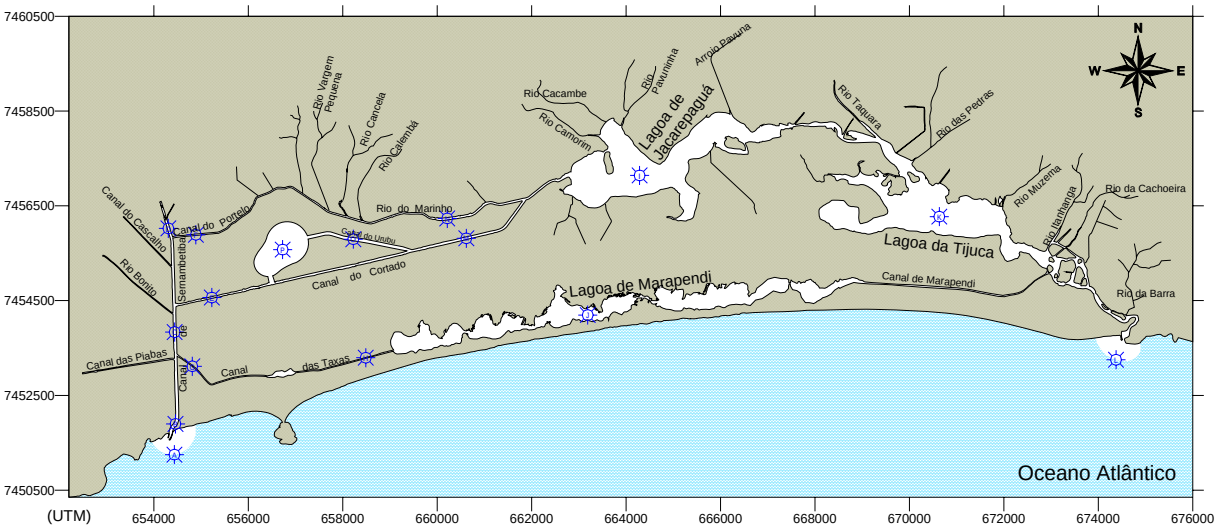


Figura 72. Mapa de posicionamento das estações para o arranjo hidráulico A4b-Cheia Preamar. Nos pontos onde estão as estações foram gravados valores de níveis de água e correntes ao longo do tempo.

7.1. Hidrogramas considerados

A Figura 90 apresenta os hidrogramas considerados com T_R = 20 anos. Nos casos simulados os hidrogramas partem da vazão média adotada, cf. Tabela 4, e após a passagem da onda de cheia voltam aos valores médios. Portanto, os valores de base na Figura 90 não são zero, embora possam parecer na figura, em virtude da diferença de magnitude entre os valores médios e os valores de cheia.

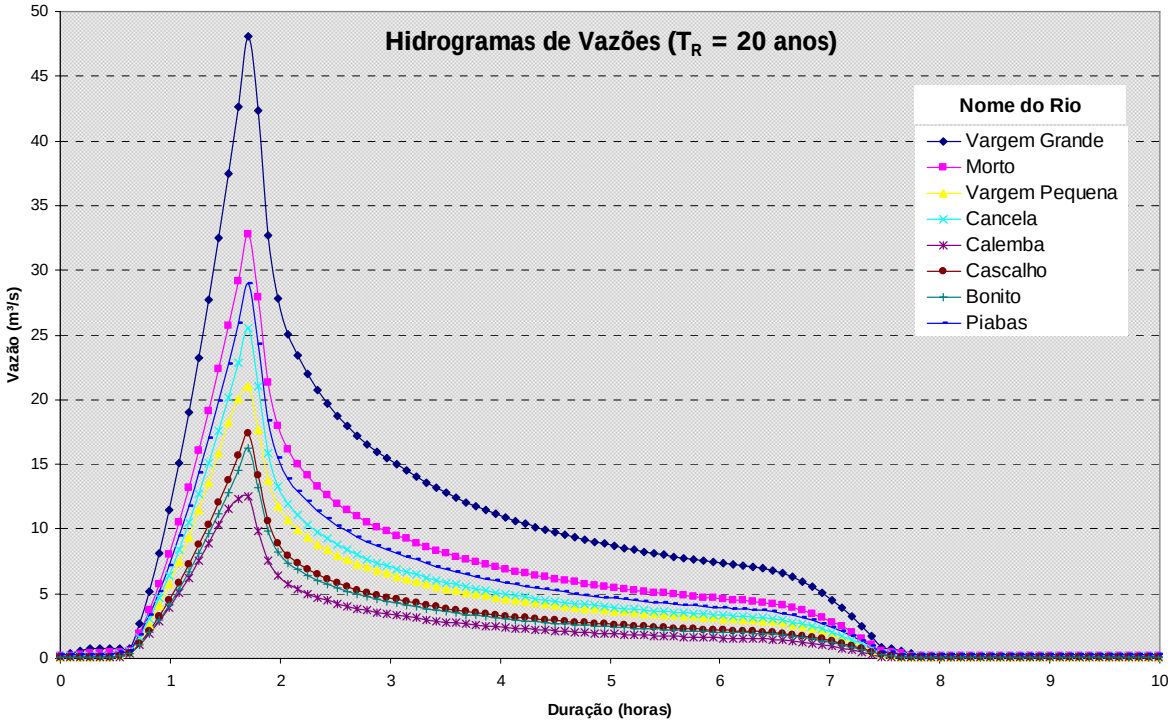


Figura 90. Hidrogramas de vazões com T_R = 20 anos para os rios da bacia do Canal de Sernambetiba. Os valores de base são as vazões médias apresentadas na Tabela 4.

7.2. Arranjo A4b com cheia na preamar

Para o caso do pico de vazões dos hidrogramas apresentados na Figura 90 ocorrer no instante de preamar na embocadura do Canal de Sernambetiba, pode-se ver os resultados em estações selecionadas no conjunto que vai da Figura 91 à Figura 97. Em todos os gráficos os picos de vazão de cheia passam pelos diversos recintos do sistema entre as horas 333 e 339. A preamar considerada foi a máxima que ocorre à hora 336 na Figura 14.

Como pode se ver nos gráficos que vão da Figura 91à Figura 97, os efeitos da vazão de cheia com período de retorno de 20 anos só são de fato marcantes nos trechos de canais mais a montante.

Em qualquer comparação com o comportamento dos canais da bacia de Sernambetiba, projetada sem a interligação com a bacia de Jacarepaguá, conclui-se que o interligação das bacias é benéfica em todos os aspectos.

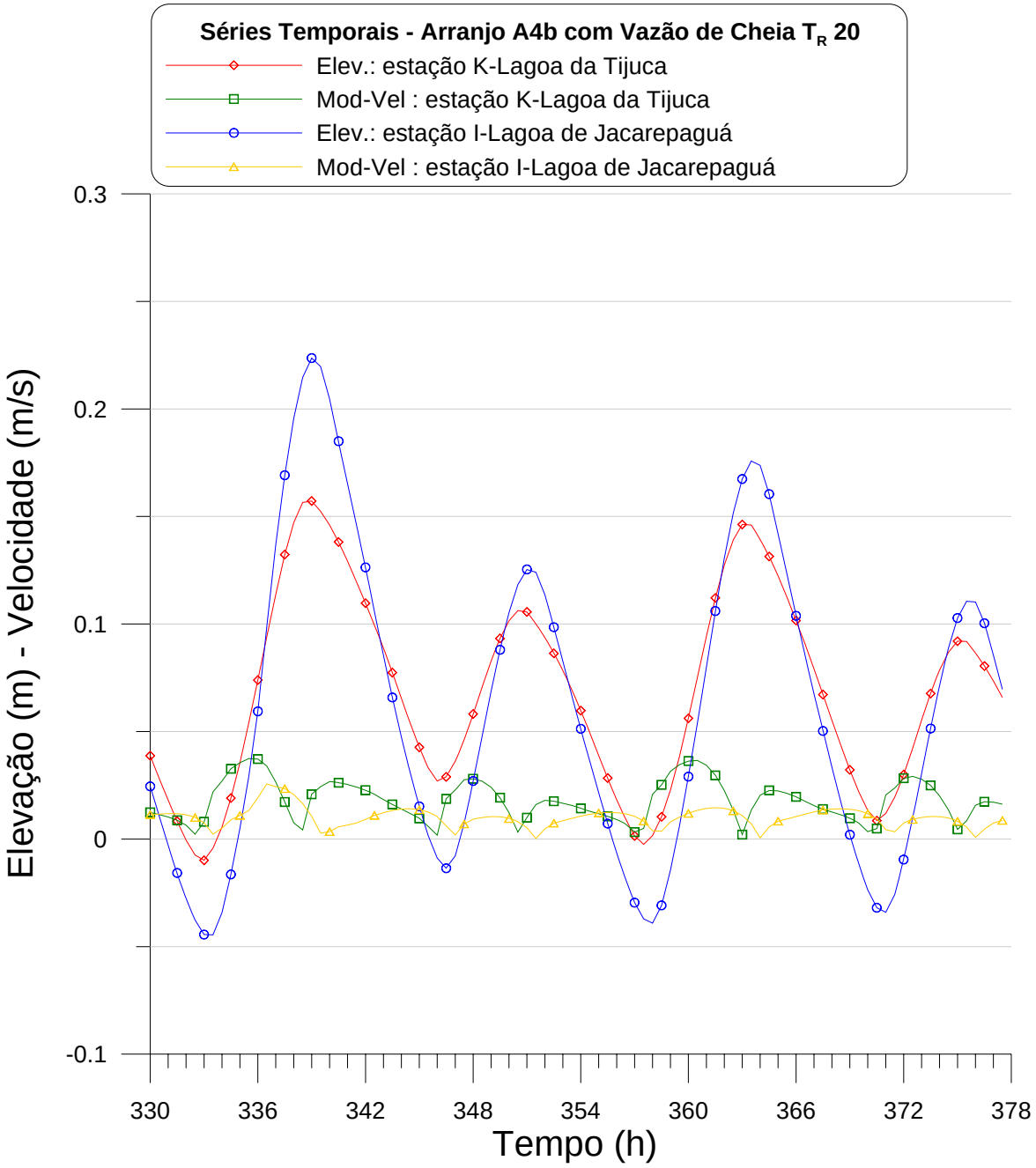


Figura 91. Arranjo A4b-Cheia Preamar: séries temporais de valores de elevação de nível de água e módulo de velocidade nas estações da Lagoa da Tijuca e da Lagoa de Jacarepaguá. O pico de vazões passa por estas estações entre as horas 333 e 339, e não é facilmente visível.

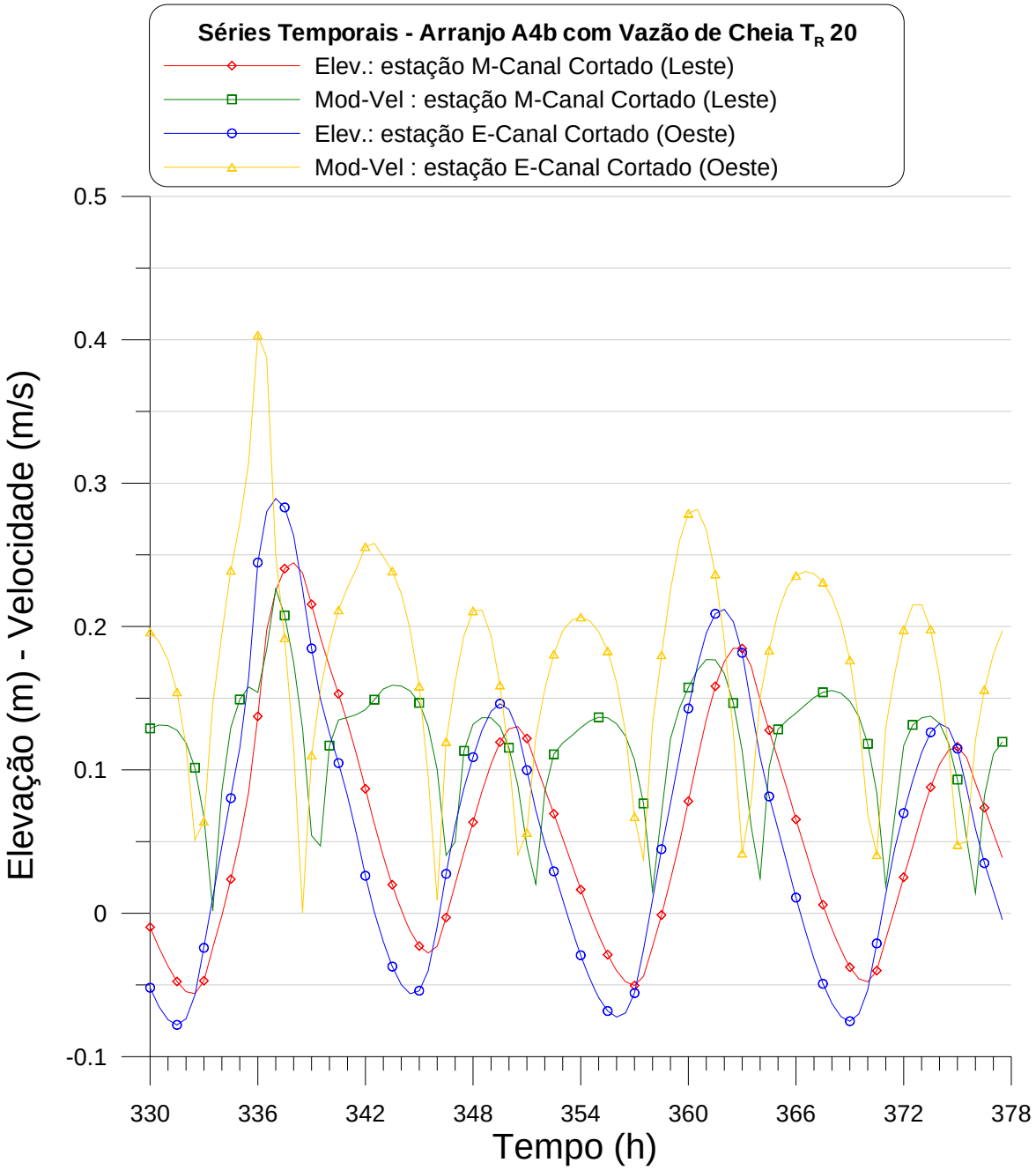


Figura 92. Arranjo A4b- Cheia Preamar: séries temporais de valores de elevação de nível de água e módulo de velocidade nas estações do Canal Cortado Leste e Oeste. O pico de vazões passa por estas estações entre as horas 333 e 339, sendo facilmente visível.

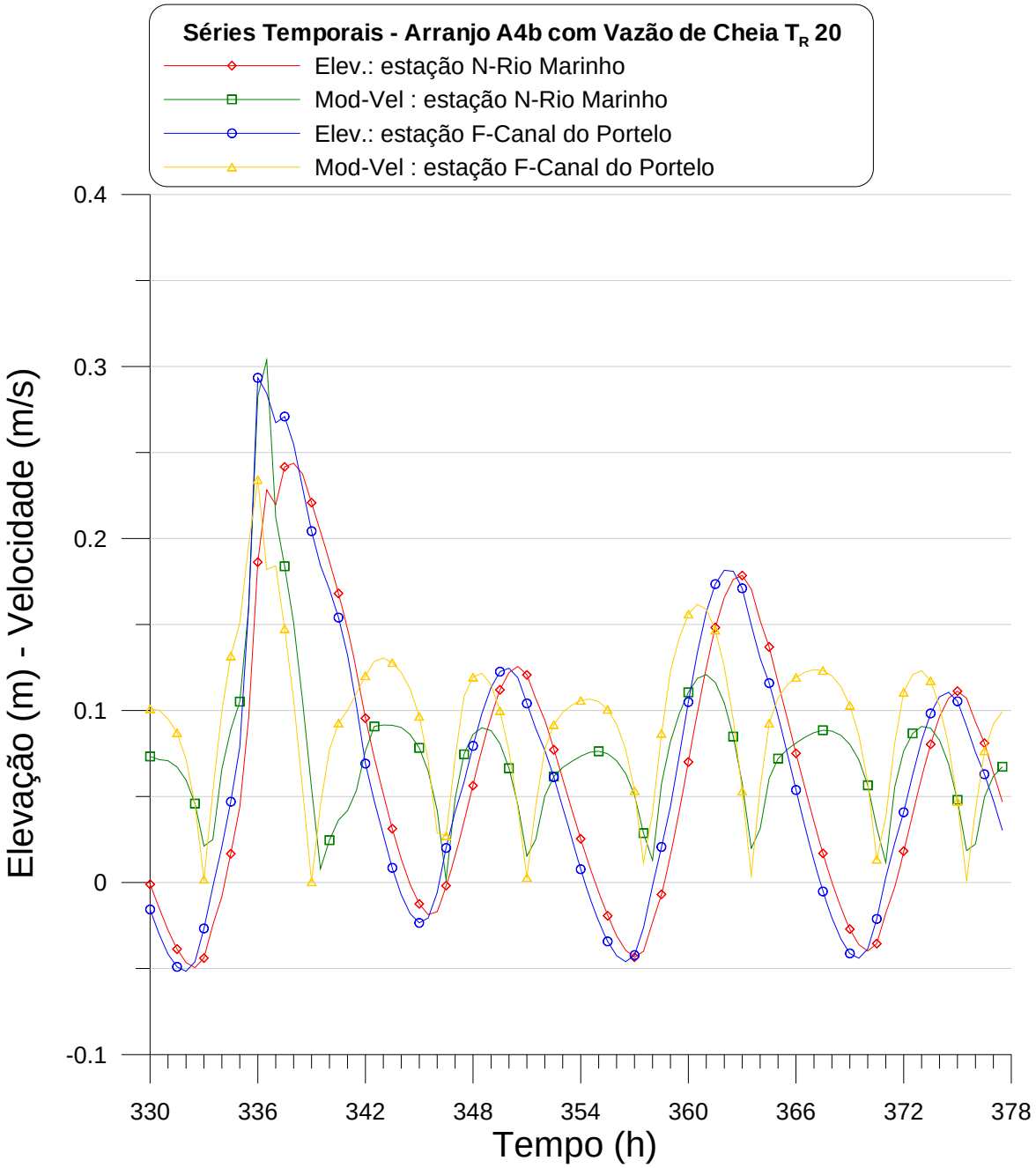


Figura 93. Arranjo A4b- Cheia Preamar: séries temporais de valores de elevação de nível de água e módulo de velocidade nas estações do Canal do Portelo e do Rio Marinho. O pico de vazões passa por estas estações entre as horas 333 e 339, sendo facilmente visível.

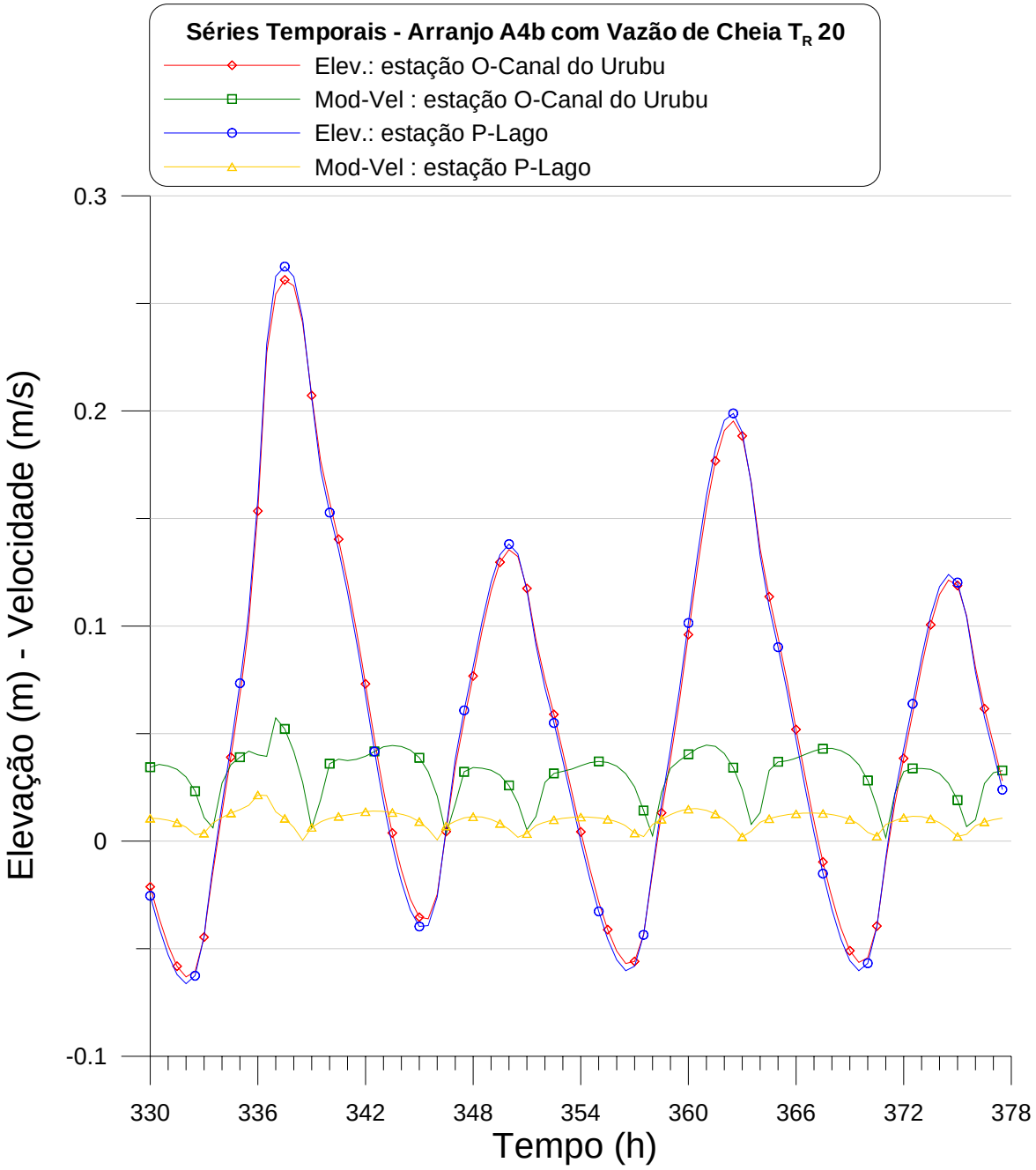


Figura 94. Arranjo A4b- Cheia Preamar: séries temporais de valores de elevação de nível de água e módulo de velocidade nas estações do Canal do Urubu e do Lago. O pico de vazões passa por estas estações entre as horas 333 e 339, sendo visível.

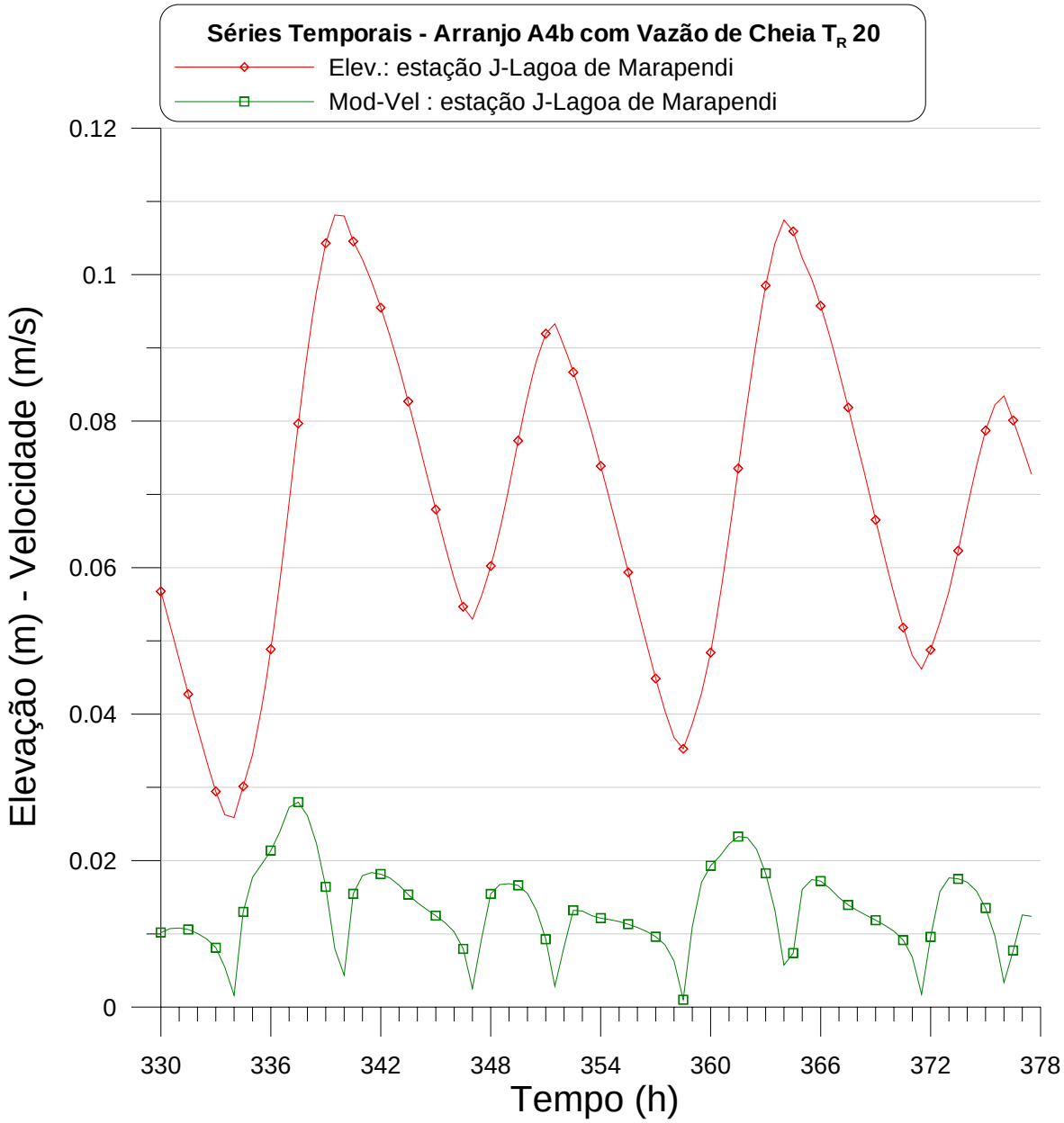


Figura 95. Arranjo A4b- Cheia Preamar: séries temporais de valores de elevação de nível de água e módulo da velocidade de correntes na estação da Lagoa de Marapendi. O pico de vazões passa por estas estações entre as horas 333 e 339, e não é facilmente visível.

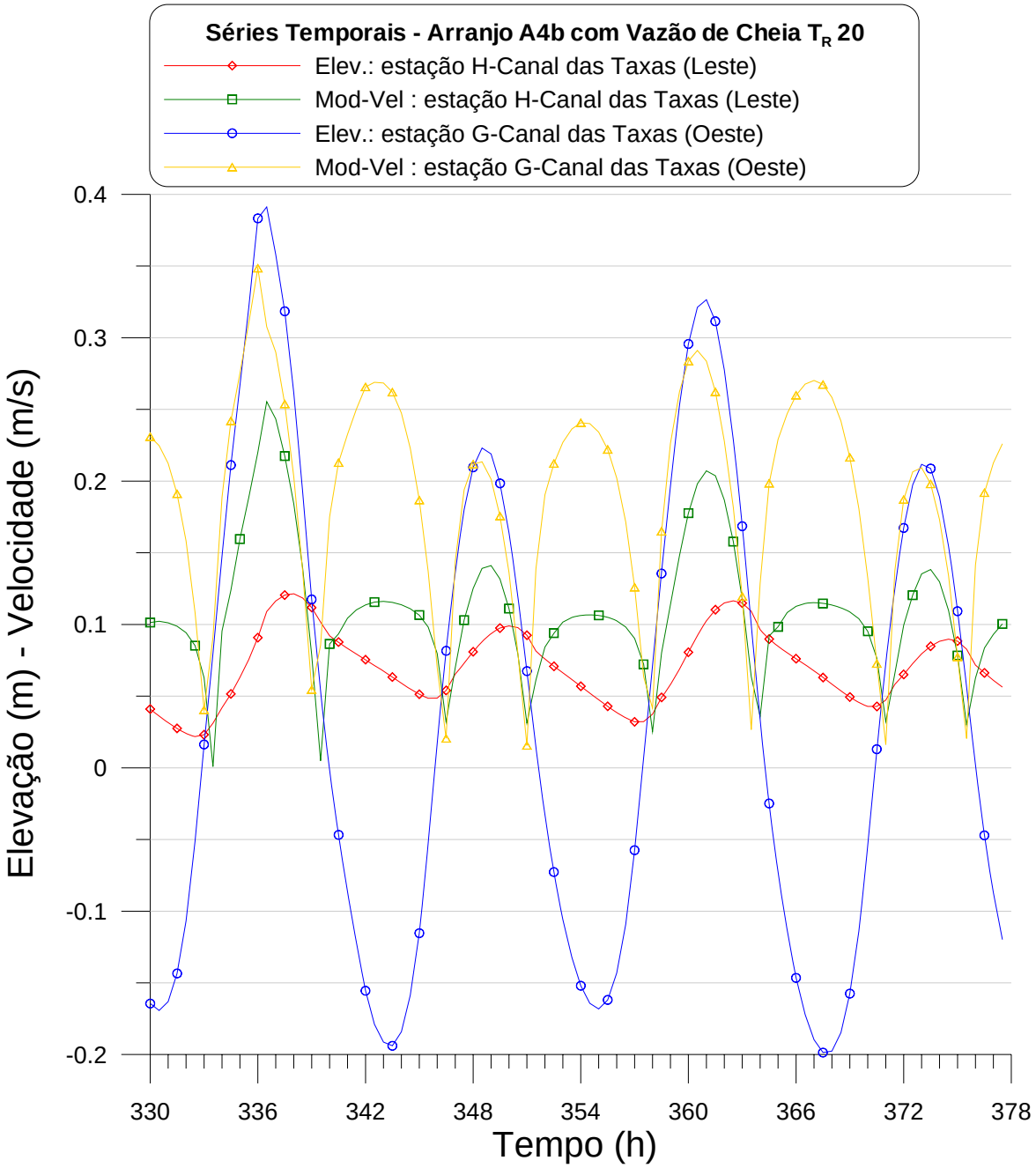


Figura 96. Arranjo A4b- Cheia Preamar: séries temporais de valores de elevação de nível de água e módulo de velocidade nas estações do Canal das Taxas Leste e Oeste. O pico de vazões passa por estas estações entre as horas 333 e 339, sendo visível.

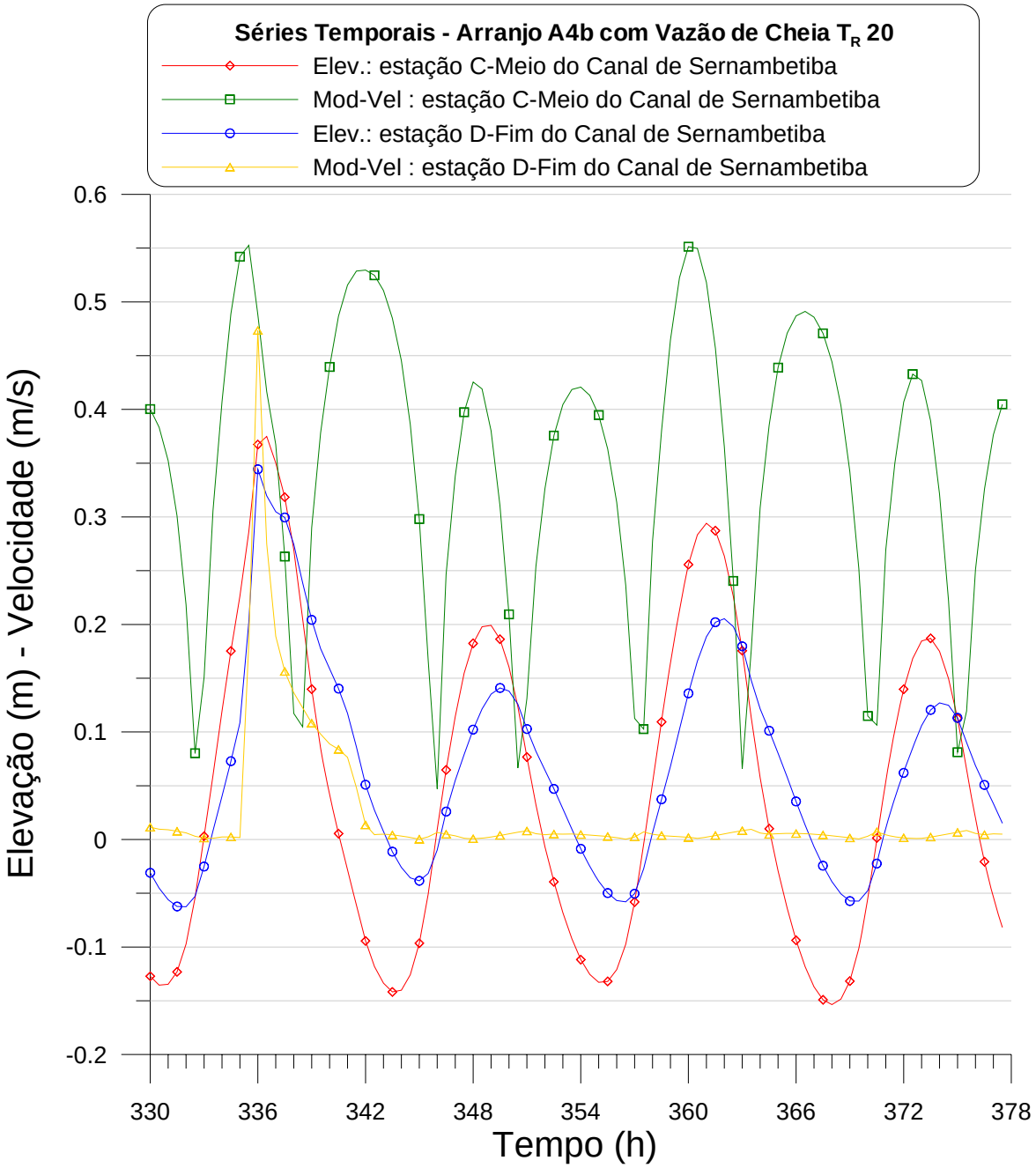


Figura 97. Arranjo A4b- Cheia Preamar: séries temporais de valores de elevação de nível de água e módulo de velocidade nas estações do meio e do fim do Canal de Sernambetiba. O pico de vazões passa por estas estações entre as horas 333 e 339, sendo facilmente visível.

7.3. Arranjo A4b com cheia na baixamar

Para o caso do pico de vazões dos hidrogramas apresentados na Figura 90 ocorrer no instante de baixamar na embocadura do Canal de Sernambetiba, pode-se ver os resultados em estações selecionadas no conjunto que vai da Figura 98 à Figura 104. Em todos os gráficos os picos de vazão de cheia passam pelos diversos recintos do sistema entre as horas 340 e 345. A preamar considerada foi a mínima que ocorre à hora 342,5 na Figura 14.

Como pode se ver nos gráficos que vão da Figura 98 à Figura 104, os efeitos da vazão de cheia com período de retorno de 20 anos só são de fato marcantes nos trechos de canais mais a montante.

Em qualquer comparação com o comportamento dos canais da bacia de Sernambetiba, projetada sem a interligação com a bacia de Jacarepaguá, conclui-se que o interligação das bacias é benéfica em todos os aspectos.

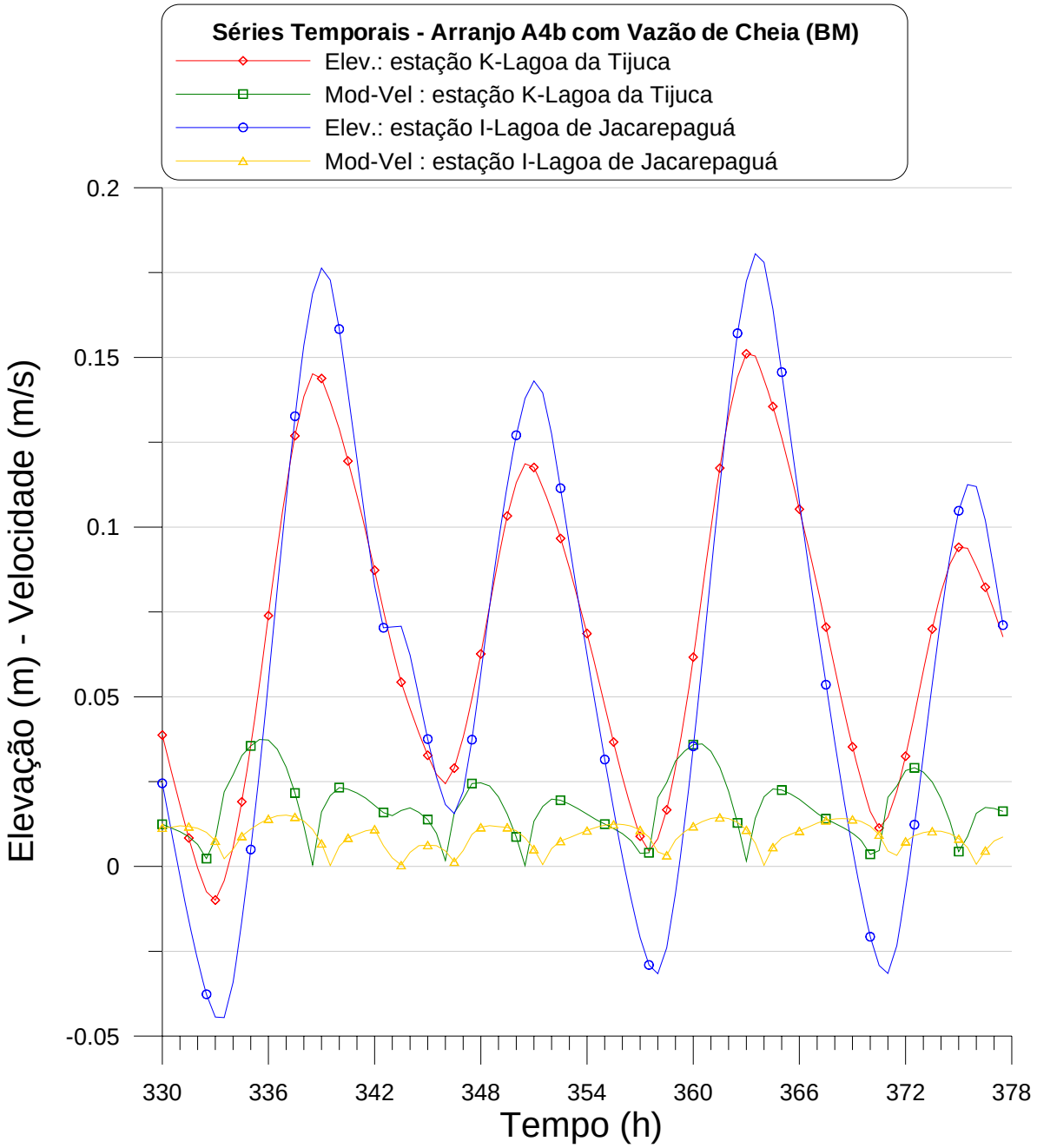


Figura 98. Arranjo A4b-Cheia Baixamar: séries temporais de valores de elevação de nível de água e módulo de velocidade nas estações da Lagoa da Tijuca e da Lagoa de Jacarepaguá. O pico de vazões passa por estas estações entre as horas 340 e 345, e não é facilmente visível.

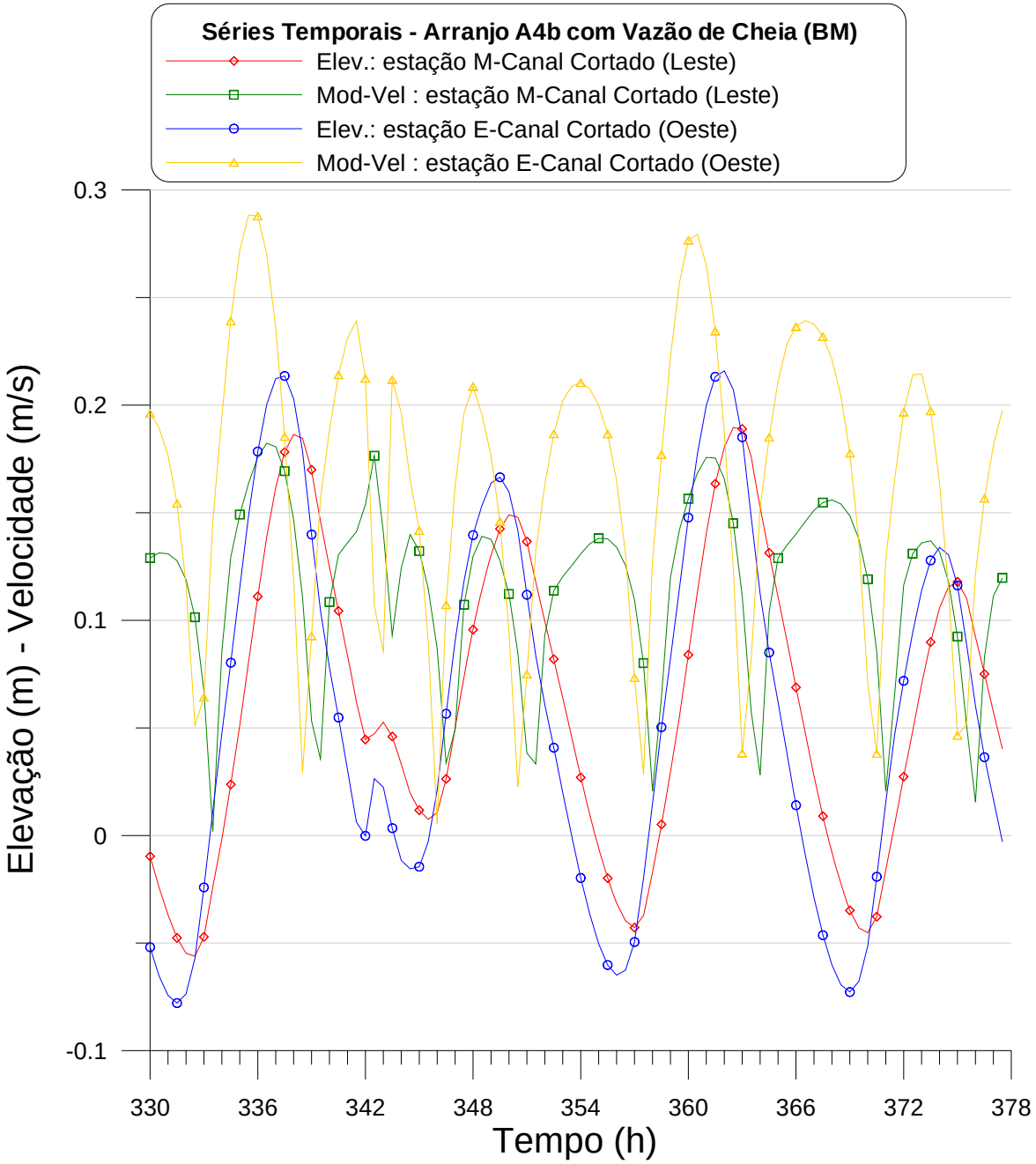


Figura 99. Arranjo A4b- Cheia Baixamar: séries temporais de valores de elevação de nível de água e módulo de velocidade nas estações do Canal Cortado Leste e Oeste. O pico de vazões passa por estas estações entre as horas 340 e 345, sendo facilmente visível.

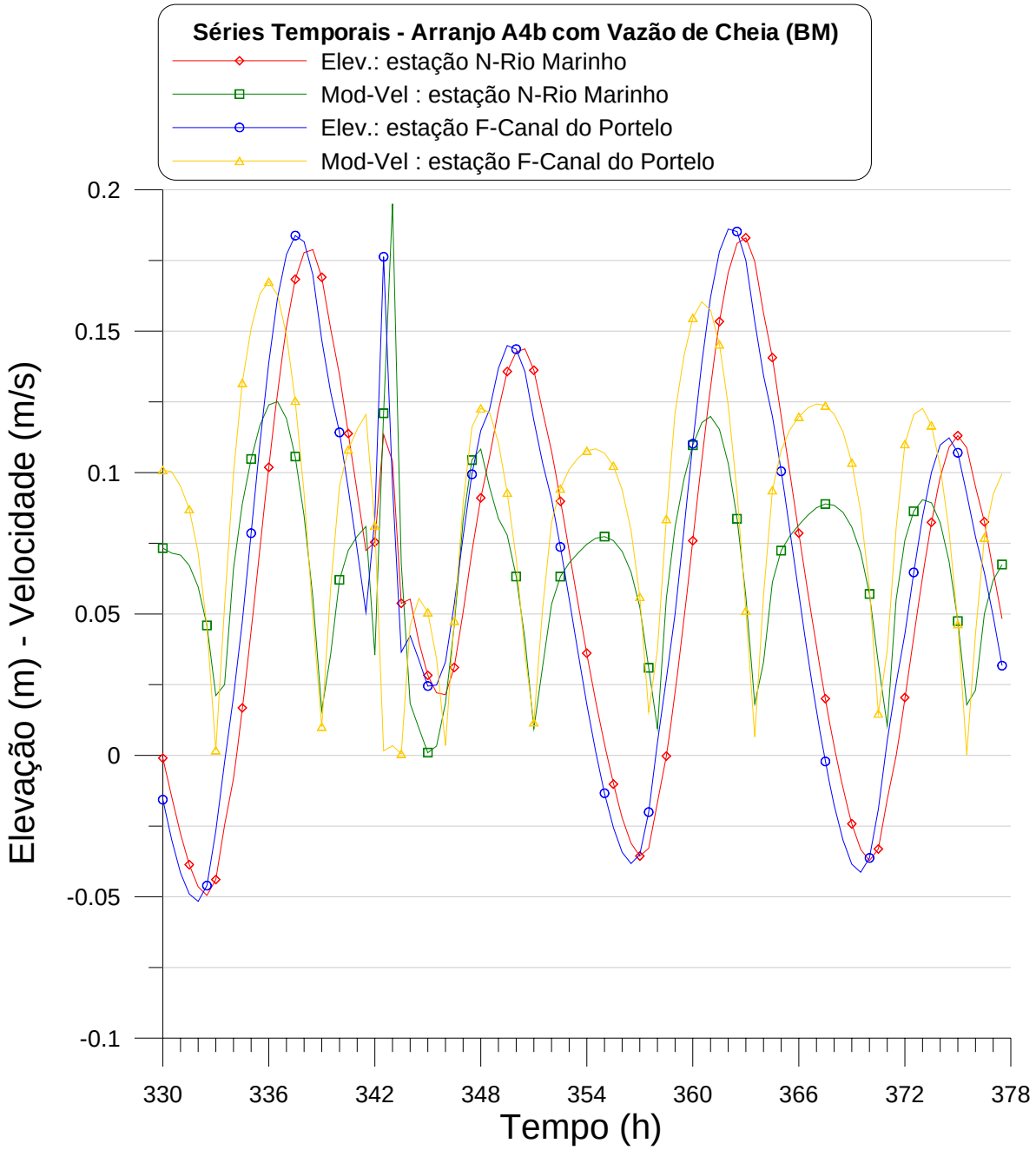


Figura 100. Arranjo A4b- Cheia Baixamar: séries temporais de valores de elevação de nível de água e módulo de velocidade nas estações do Canal do Portelo e do Rio Marinho. O pico de vazões passa por estas estações entre as horas 340 e 345, sendo facilmente visível.

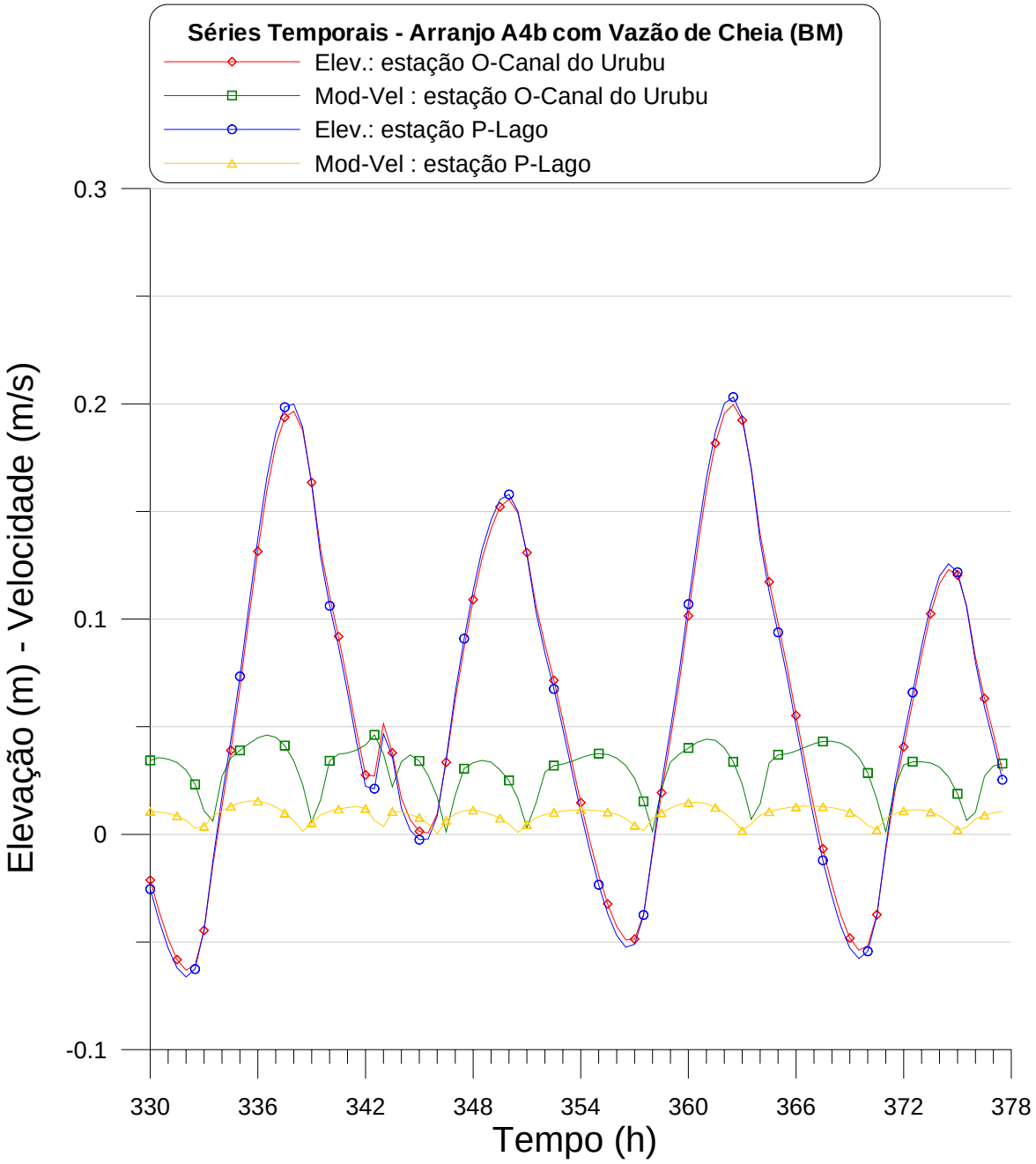


Figura 101. Arranjo A4b- Cheia Baixamar: séries temporais de valores de elevação de nível de água e módulo de velocidade nas estações do Canal do Urubu e do Lago. O pico de vazões passa por estas estações entre as horas 340 e 345, e não é facilmente visível.

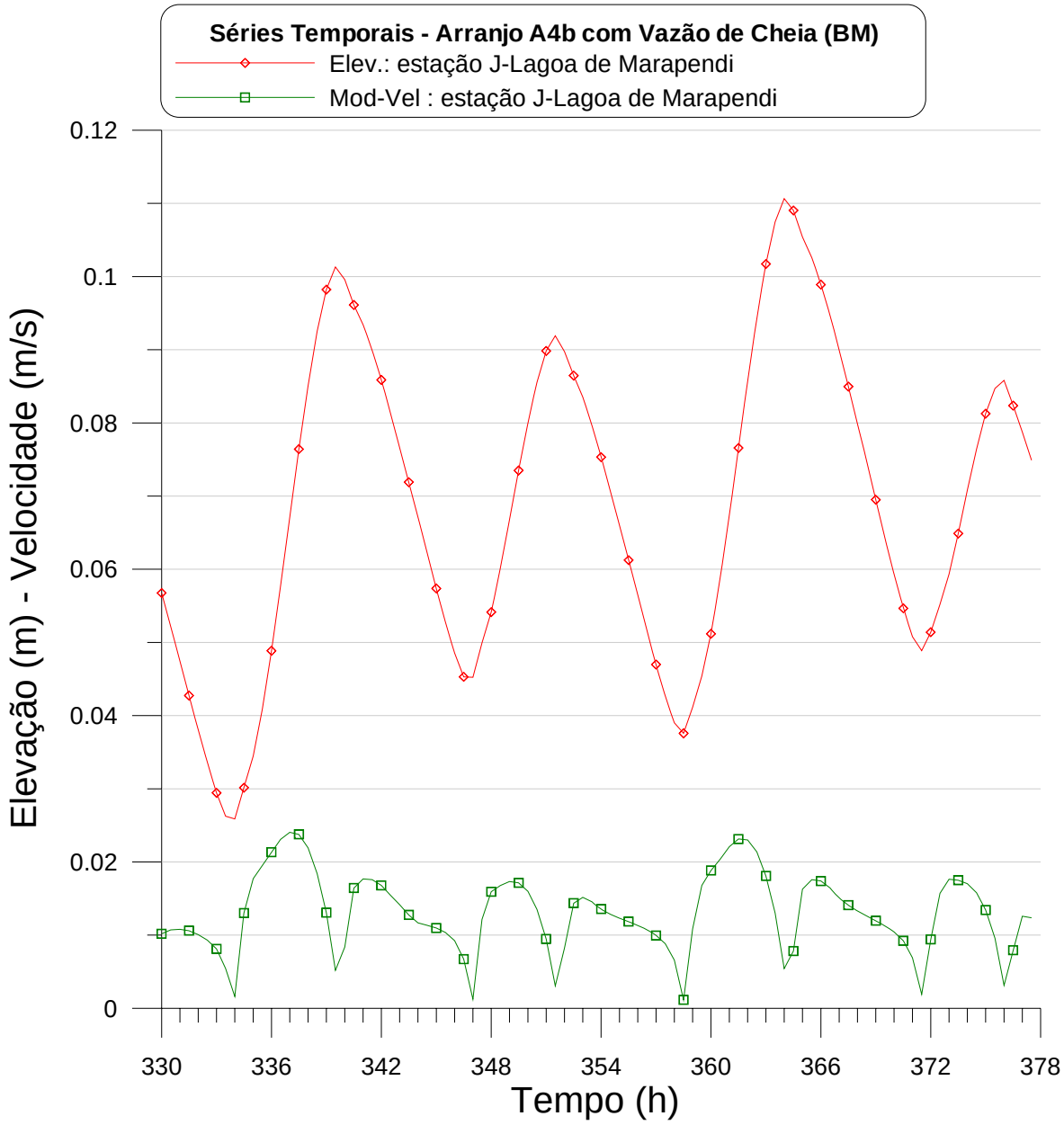


Figura 102. Arranjo A4b- Cheia Baixamar: séries temporais de valores de elevação de nível de água e módulo da velocidade de correntes na estação da Lagoa de Marapendi. O pico de vazões passa por estas estações entre as horas 340 e 345, e não é facilmente visível.

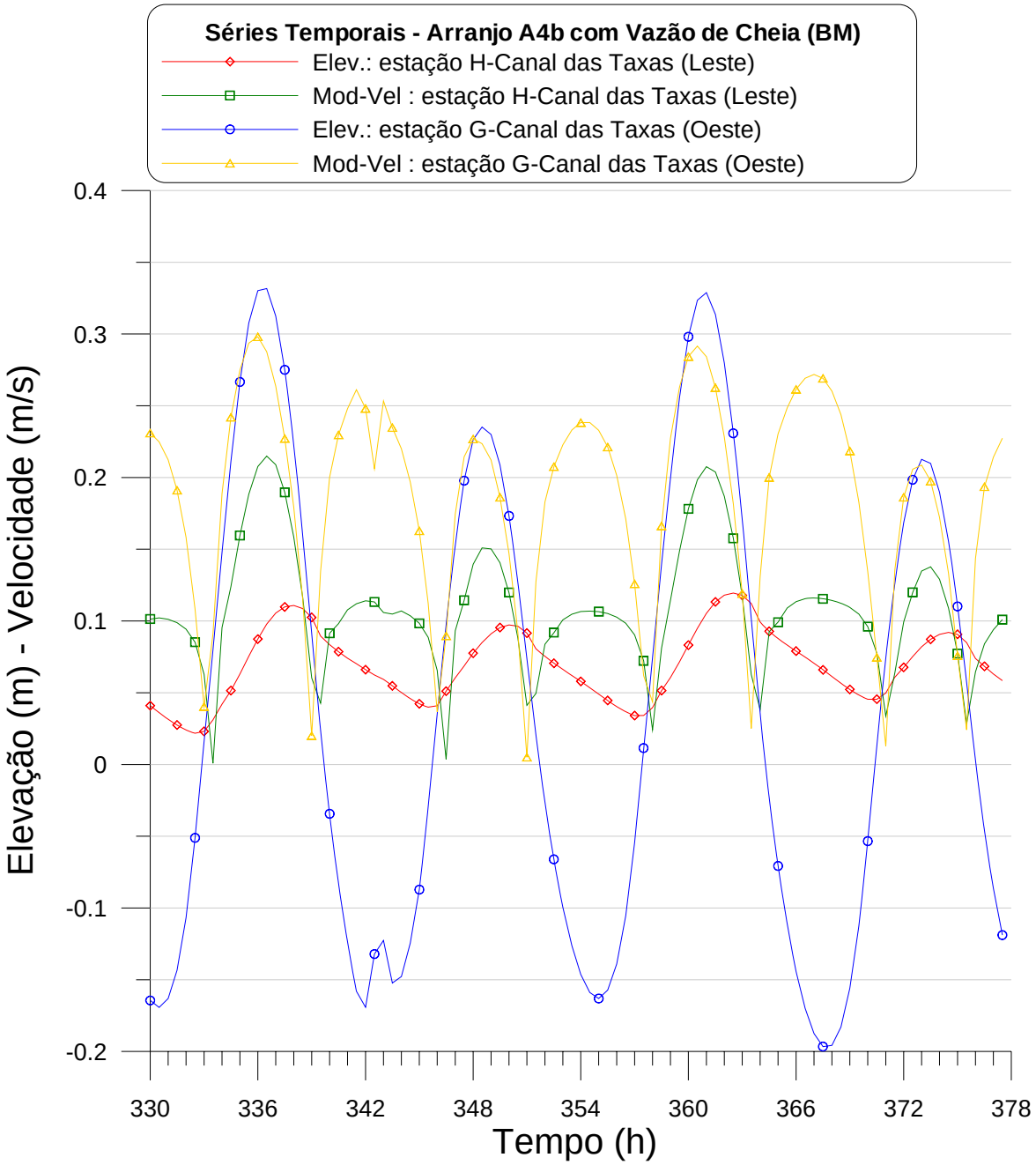


Figura 103. Arranjo A4b- Cheia Baixamar: séries temporais de valores de elevação de nível de água e módulo de velocidade nas estações do Canal das Taxas Leste e Oeste. O pico de vazões passa por estas estações entre as horas 340 e 345, sendo visível.

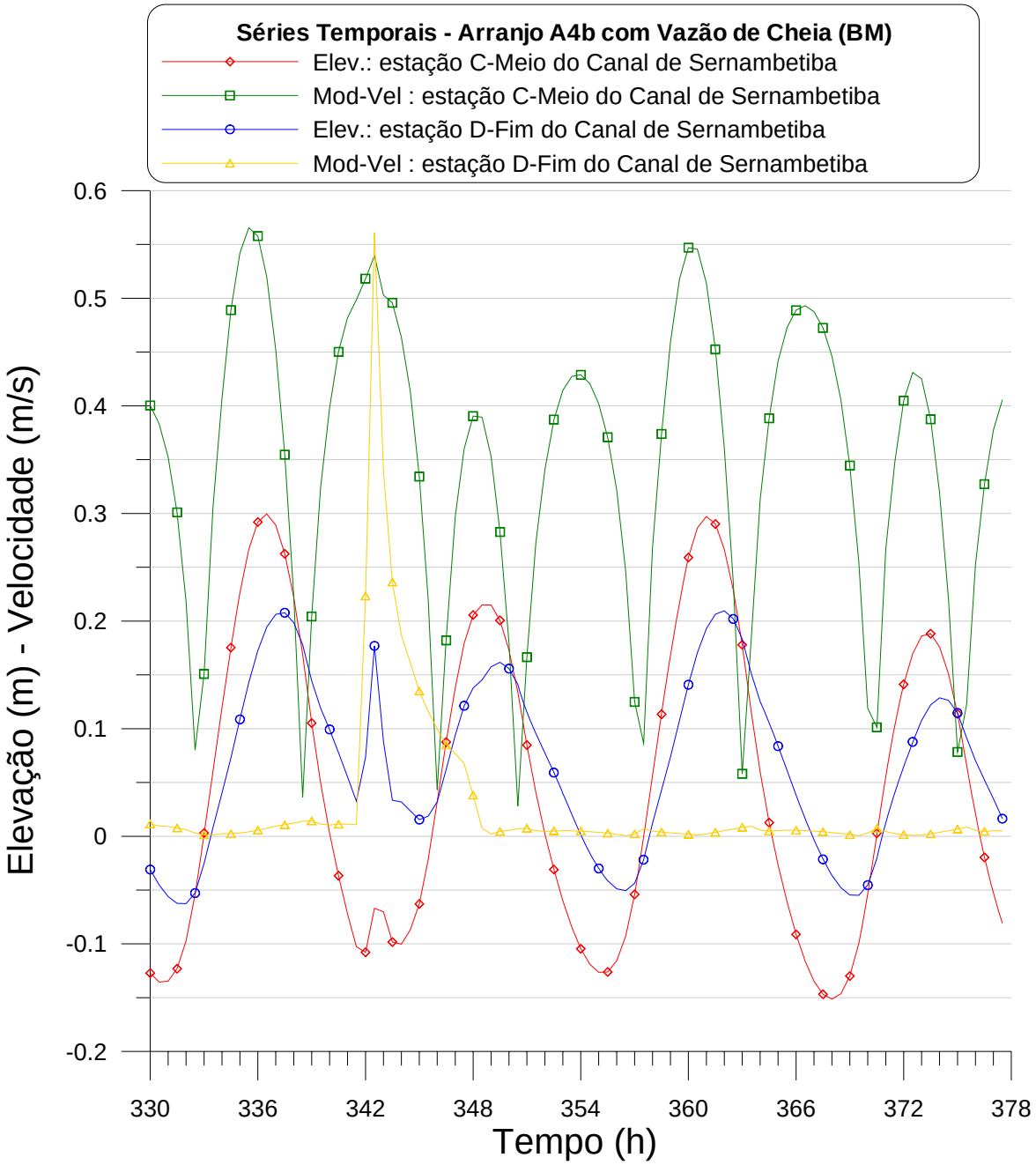


Figura 104. Arranjo A4b- Cheia Baixamar: séries temporais de valores de elevação de nível de água e módulo de velocidade nas estações do meio e do fim do Canal de Sernambetiba. O pico de vazões passa por estas estações entre as horas 340 e 345, sendo facilmente visível.

8. Metodologia de modelagem

O sistema de modelagem utilizado na realização deste trabalho foi o **SisBAHIA® – Sistema BAse de HIdrodinâmica Ambiental**. Trata-se de um sistema profissional registrado pela Fundação Coppetec, órgão gestor de convênios e contratos de pesquisa da Coordenação de Programas de Pós Graduação em Engenharia (COPPE) da Universidade Federal do Rio de Janeiro, UFRJ.

Novas versões do SisBAHIA® encontra-se continuamente sendo lançadas na COPPE/UFRJ desde 1987, com ampliações de escopo e aperfeiçoamentos oriundos de várias teses de mestrado e doutorado, além de projetos de pesquisa. O sistema tem sido adotado em dezenas de estudos e projetos contratados à Fundação Coppetec envolvendo modelagem de corpos de água naturais. Maiores detalhes sobre o SisBAHIA® podem ser obtidos em consulta à referência *Um Sistema Computacional de Hidrodinâmica Ambiental* – Capítulo 1 (pp 1-161) do livro **Métodos Numéricos em Recursos Hídricos 5**, publicado em Novembro de 2001 pela Associação Brasileira de Recursos Hídricos, veja no endereço www.abrh.org.br. Em linhas gerais, na versão atual, o SisBAHIA® contém:

1. Um modelo para simular a circulação hidrodinâmica em corpos de água com superfície livre sob diferentes cenários. Tal modelo é otimizado para aplicações em corpos de água naturais com pouca estratificação como é o caso do complexo estuarino lagunar de Jacarepaguá e Sernambetiba. O sistema de modelagem hidrodinâmica do SisBAHIA® simula campos de correntes tridimensionais (3D), bem como campos de correntes promediadas na vertical ou bidimensional na horizontal (2DH).

2. Um modelo independente de transporte Euleriano advectivo-difusivo com reações cinéticas, tipo 2DH, para simular o transporte de escalares, isto é, substâncias dissolvidas, contaminantes, ou parâmetros de qualidade da água que se encontram bem misturados na coluna de água.

3. Um conjunto de modelos dedicados e otimizados para estudos de qualidade de água. Tratam-se de modelos de transporte Euleriano advectivo-difusivo 2DH, com reações cinéticas interdependentes, isto é, reações com sinergia entre diferentes componentes. Tal sistema dedicado permite simulações de salinidade, temperatura, oxigênio dissolvido e demanda bioquímica de oxigênio (OD-DBO), compostos do nitrogênio e biomassa, compostos do fósforo e biomassa, bem como a combinação de todos estes indicadores simultaneamente. (Nota: este componente foi implementado após a publicação da referência supra mencionada.)

4. Um modelo de transporte Lagrangeano advectivo-difusivo com reações cinéticas, para simular o transporte de escalares, tais como substâncias dissolvidas ou em suspensão, ou parâmetros de qualidade da água, que possam estar bem misturados, ocupando apenas uma camada, ou flutuando na coluna d'água. Esse tipo de modelo é, na maioria das vezes, utilizado no estudo do transporte, relativamente local, de plumas ou nuvens de contaminantes originados a partir de fontes de pequena escala em relação ao domínio do modelo hidrodinâmico. No caso de modelamento de derrames de óleo, o modelo utiliza a dinâmica de Fay para simular as fases iniciais do espalhamento do óleo, e o óleo remanescente na água é computado exatamente pela mesma metodologia do ADIOS 2, padrão da indústria do petróleo.

8.1. Atributos metodológicos do SisBAHIA®

O Sistema Base de Hidrodinâmica Ambiental - SisBAHIA® possui atributos metodológicos para minimizar o processo de calibração e conseqüentemente maximizar a confiabilidade dos resultados, como enfatizado abaixo. Alguns dos atributos do sistema adotado são:

1. As estratégias de discretização espacial são otimizadas para corpos de água naturais, pois permitem excepcional detalhamento de contornos recortados e batimetrias complexas. A discretização espacial é feita preferencialmente feita via elementos finitos quadrangulares biquadráticos, mas pode igualmente ser feita via elementos finitos triangulares quadráticos ou combinação de ambos. Tal método de discretização espacial é potencialmente de quarta ordem. Em simulações de escoamentos tridimensionais, a discretização vertical da coluna de água usa diferenças finitas com transformação sigma, de sorte que a discretização completa do domínio resulta em uma pilha de malhas de elementos finitos, uma para cada nível *Z* da transformação sigma.
2. Tensões e difusividades turbulentas são modeladas de uma maneira que torne a calibragem dos modelos diretamente relacionada a variáveis naturais. O emprego de esquemas auto-ajustáveis para a turbulência em escala sub-malha minimiza a necessidade de calibragem. A modelagem da turbulência é baseada em técnicas de filtragem que levam à simulação de grandes vórtices, ou vórtices resolvíveis. Tal técnica é conhecida na literatura internacional como *LES*, sigla de *Large Eddy Simulation.*
3. O modelo hidrodinâmico admite especificação pontual do tipo de material de fundo, e usa interpolação biquadrática[3] para valores de profundidade e rugosidade equivalente do fundo, permitindo ótima acurácia na representação física do leito.
4. Além disso, permite que a ação do vento na superfície livre e o atrito no fundo sejam variáveis no tempo e no espaço. Tal realismo é extremamente relevante para simulações de escoamentos em regiões costeiras, baias, estuários, rios e lagoas. Com a fidelidade conseguida no mapeamento da batimetria e contornos, bem como das tensões de vento e atrito no fundo, a coerência entre resultados medidos e modelados é naturalmente maximizada, minimizando a necessidade e o processo de calibração.
5. O modelo hidrodinâmico do SisBAHIA® é capaz de calcular tanto campos de velocidades tridimensionais, 3D, obtendo os perfis de velocidade ao longo da profundidade, como de dar os resultados em forma de campos de correntes promediadas na vertical, 2DH. Isso é uma enorme vantagem pois em corpos de água como as lagoas do complexo de Jacarepaguá a ação dos ventos é muito relevante, gerando padrões de circulação superficial significativamente diferentes dos padrões médios na vertical.
6. Os modelos são baseados em esquemas numéricos bem estabelecidos, para garantia de validade e aceitação.

8.2. Confiabilidade dos modelos

Em função dos atributos acima, e <u>garantindo-se as condições expostas abaixo</u>, o emprego do SisBAHIA® em muitos trabalhos, conforme se lista a seguir, ensina que, <u>mesmo sem qualquer calibração, os resultados obtidos pelos modelos apresentam a seguinte confiabilidade</u>:

[3] Em geral a discretização é feita com elementos finitos quadrangulares biquadráticos, e por isso as interpolações são biquadráticas. Entretanto, se o modelador optar por usar elementos triangulares, as interpolações seguirão o tipo do elemento.

- Coerências entre valores reais e valores computados de níveis de água são em geral melhores que 90%. Após calibração é usual que sejam superiores a 95%.
- Coerências entre valores reais e valores computados de velocidade e direção de correntes são usualmente melhores que 70%. Após calibração é comum ter-se coerências superiores a 90%.
- Coerências entre valores reais e valores medidos de concentração de contaminantes ou parâmetros de qualidade de água são semelhantes às verificadas para velocidade e direção de correntes. Como os modelos de transporte de contaminantes recebem como dados de entradas os resultados de níveis e correntes dos modelos hidrodinâmicos, a confiabilidade dos modelos de transporte é intrinsecamente função da qualidade dos resultados hidrodinâmicos.

Para atingir tais coerências, é necessário atender às seguintes condições:

1. Garantir que a geometria do corpo de água implementada no sistema de modelos esteja correta, e seja condizente com a existente na época de medição de níveis e correntes. Discrepâncias em dados de batimetria e contornos são freqüentes causas de diferenças entre valores medidos e valores computados.
2. Garantir que os forçantes dos escoamentos, e.g. curvas de maré, ventos e vazões fluviais, estejam corretamente implementados no sistema de modelos, e sejam condizentes com os existentes na época de medição de níveis e correntes. Erros na especificação dos forçantes dos escoamentos são freqüentes causas de diferenças entre valores medidos e valores computados.
3. Garantir que as intensidades das fontes contaminantes e os parâmetros das reações cinéticas estejam corretamente implementados no sistema de modelos, e sejam condizentes com os existentes na época de medição de concentrações. Erros na especificação de intensidades de fontes e parâmetros de reações cinéticas são freqüentes causas de diferenças entre valores medidos e valores computados.

8.3. Exemplos de trabalhos realizados com o SisBAHIA®

Como mencionado, os diferentes modelos que compõem o SisBAHIA® vem sendo continuamente aperfeiçoados na área de Engenharia Costeira e Oceanográfica (AECO) da COPPE/UFRJ, e têm sido utilizado em várias aplicações práticas e projetos de pesquisa. Algumas aplicações recentes dos modelos são exemplificadas a seguir:

1. Aplicação do modelo hidrodinâmico para o estudo de possíveis ações objetivando diminuir as inundações na cidade de Joinville causadas por marés e tempestades na Baia da Babitonga, incluindo a Lagoa de Saguaçú-SC. Contratada pelo Município de Joinville no Estado de Santa Catarina. Ref. ET-150693, 03/97, Fundação Coppetec - COPPE/ UFRJ.
2. Aplicação do modelo hidrodinâmico e dos modelos de transporte para o estudo do impacto ambiental associado à construção de um poliduto para o transporte de álcool, diesel e gasolina, na Baía da Guanabara. Contratada pela HABTEC, companhia responsável pela elaboração do EIA/RIMA para a construção do poliduto. Ref. ET-170305, 05/97, Fundação Coppetec - COPPE/UFRJ.
3. Aplicação do modelo hidrodinâmico e dos modelos de transporte para avaliar a eficiência do emissário submarino e as condições de balneabilidade da praias do Leblon, Ipanema e Arpoador. Contratada pela CEDAE (Companhia Estadual de Águas e Esgotos). O Prof. Phillip Roberts do Georgia Tech trabalhou como revisor para a CEDAE, dando plena aceitação ao trabalho desenvolvido pela COPPE. Ref. ET150663, 08/97 e 02/98. Fundação Coppetec - COPPE/UFRJ.
4. Aplicação modelo hidrodinâmico e dos modelos de transporte para simulações da hidrodinâmica geral e dos padrões de transporte na baía de Sepetiba - RJ, com objetivo de auxiliar na definição do Plano Diretor Econômico e Ecológico da bacia da baía de Sepetiba. Contratada pela ETEP, companhia responsável pelo desenvolvimento do Plano Diretor para o governo do Estado do Rio de Janeiro. Ref. ET-170334, 03/98. Fundação Coppetec - COPPE/UFRJ.

5. Aplicação do modelo hidrodinâmico para estudar possíveis ações para restabelecer a circulação em torno da Ilha do Fundão, obstruída pelo assoreamento do canal do Fundão na Baía da Guanabara - RJ. Contratada pelo Governo do Estado do Rio de Janeiro. Ref. ET-150786, 05/98. Fundação Coppetec - COPPE/UFRJ.
6. Aplicação do modelo hidrodinâmico para estudar a dragagem e disposição de sedimentos no sistema Lagunar da Tijuca. Contratada pela Prefeitura pela da Cidade do Rio de Janeiro. Ref. ET-150849, 11/98. Fundação Coppetec - COPPE/UFRJ.
7. Em março de 1999 a Marinha do Brasil assinou um convênio de cooperação técnica e científica com Fundação Coppetec – COPPE/UFRJ, com o objetivo de usar o sistema de modelagem hidrodinâmico para a geração de cartas náuticas de correntes de maré para os portos brasileiros. Tal convênio encontra-se ativo, sendo que as cartas piloto para a Baía de Guanabara e a Baía de Todos os Santos estão em fase de estudos.
8. De março de 1999 a dezembro de 2000, o SisBAHIA foi especialmente aplicado à região da Baía de Todos os Santos, BTS, por contrato do consórcio Hydros-CH2MHill com a Fundação Coppetec (Ref. ET-170377/PENO-565). Além de parte integrante dos estudos de diagnóstico e prognóstico ambientais para a BTS, o SisBAHIA foi instalado no Centro de Recursos Ambientais (CRA), órgão do Governo da Bahia, para ser usado como ferramenta de gestão ambiental da BTS. Desde então o SisBAHIA vem sendo regularmente utilizado pelo CRA.
9. Aplicação do modelo hidrodinâmico e dos modelos de transporte para simulações da hidrodinâmica geral e dos padrões de transporte na baía de Sepetiba - RJ, com objetivo de avaliar os impactos da dragagem do canal de acesso e bacia de evolução ao porto de Sepetiba, sob contrato com a Companhia Docas do Rio de Janeiro. Ref. PENO-1698, 06/2000. Fundação Coppetec - COPPE/UFRJ.
10. Aplicação do modelo hidrodinâmico e dos modelos de transporte para simulações da hidrodinâmica geral e dos padrões de transporte de manchas de óleo na Baía de Guanabara - RJ, para a Petrobras S.A. Ref. PENO-2365a, 04/2001. Fundação Coppetec - COPPE/UFRJ.
11. Aplicação do modelo hidrodinâmico e dos modelos de transporte para simulações da hidrodinâmica geral e dos padrões de transporte de contaminantes oriundos da Refinaria Duque de Caxias, no estuário do Rio Iguaçu e na Baía de Guanabara - RJ, para a Petrobras S.A. Ref. PENO-2365b, 07/2001. Fundação Coppetec - COPPE/UFRJ.
12. Aplicação do hidrodinâmico e dos modelos de transporte para simulações da hidrodinâmica geral e plumas de transporte de sedimentos coesivos e de diversos contaminantes, oriundos de dragagem para canal de acesso e bacia de evolução, bem como de efluentes industriais, na Baía de Sepetiba - RJ, com vistas a possível empreendimento da CSN. Globaltech Ltda. Ref. PENO-2379, 06/2001. Fundação Coppetec - COPPE/UFRJ.
13. Aplicação do modelo hidrodinâmico e dos modelos de transporte para simulações da hidrodinâmica geral e dos padrões de toxicidade de manchas de óleo na Baía de Guanabara - RJ, para a Petrobras S.A. Ref. PENO-2761, 08/2001. Fundação Coppetec - COPPE/UFRJ.
14. Aplicação do modelo hidrodinâmico e dos modelos de transporte para simulações da hidrodinâmica geral e dos padrões de transporte de contaminantes na Lagoa de Araruama, RJ, para Companhia Álcalis. Ref. PEC-1894, de 05/2001 a 02/2002. Fundação Coppetec - COPPE/UFRJ.
15. Aplicação do modelo hidrodinâmico para geração de cenários de circulação hidrodinâmica 3D durante 30 dias, sob diferentes condições de vento na Baía de Guanabara - RJ, para a Petrobras S.A. Ref. PEC-2866, 09/2001. Fundação Coppetec - COPPE/UFRJ.
16. Aplicação do modelo hidrodinâmico e dos modelos de transporte para simulações da hidrodinâmica geral e plumas de sedimentos coesivos oriundos de processo de jateamento e dragagem para assentamento de oleodutos na Baía de Guanabara - RJ, para a Petrobras S.A. Ref. PEC-2885, 09/2001. Fundação Coppetec - COPPE/UFRJ.
17. Aplicação do modelo hidrodinâmico e dos modelos de transporte para um estudo diagnóstico e previsivo da hidrodinâmica e do transporte de manchas de óleo, oriundos de acidente no duto da Refinaria de Manguinhos na Baía de Guanabara - RJ, para a Oceansat Tecnologia Espacial para Monitoramento Ambiental S/C Ltda. Ref. PENO-3123, 12/2001. Fundação Coppetec - COPPE/UFRJ.
18. Aplicação do modelo hidrodinâmico e dos modelos de transporte para simulações da hidrodinâmica e plumas de diversos contaminantes no Rio Paraíba do Sul, RJ, com vistas a possível empreendimento da CSN. Para a empresa Stallivieri & Gusmão - Gestão Tecnológica e Ambiental. Ref. PENO-3124, 04/2002. Fundação Coppetec - COPPE/UFRJ.

No contexto de aplicações específicas em sistemas lagunares, além dos itens 6 e 14 listados acima e realizadas no âmbito da Fundação Coppetec, vale mencionar que o SisBAHIA teve recentemente as seguintes aplicações relevantes realizadas por terceiros:

19. Modelagens pertinentes à realização do EIA/RIMA para intervenções previstas na Lagoa Rodrigo de Freitas na cidade do Rio de Janeiro, objetivando a regularização do Canal do Jardim de Alah. Utilizou-se tanto o modelo hidrodinâmico, quanto os de qualidade de água. Realizado em 2001.
20. Estudos de circulação e misturas de massas de água na Lagoa da Conceição, na Ilha de Florianópolis, SC.
21. Estudos de circulação hidrodinâmica, mistura de massas de água e transporte de contaminantes na Lagoa Mirim, RS, em andamento desde outubro de 2001.
22. Estudos de circulação hidrodinâmica, mistura de massas de água, salinidade e de qualidade de água (colimetria), no sistema lagunar de Saquarema, RJ, para prever os efeitos de regularização do canal da barra. Realizado em 2001. Vale mencionar que as obras de regularização estão em fase final, e o novo canal estável deverá ser inaugurado ainda em 2002.
23. Modelagem hidrodinâmica e da pluma do emissário de Aracruz Celulose S.A. no Espírito Santo, feita em Fev-Mar/2002.

9. Equipe técnica

Os trabalhos realizados foram coordenados pelo Prof. Paulo Cesar Colonna Rosman, e a equipe técnica contou com a participação da Engenheira Valéria Nunes de Oliveira e o Engenheiro Rodrigo Campos Andrade, ambos com Mestrado na Área de Engenharia Costeira e Oceanográfica do Programa de Engenharia Oceânica (PENO) da COPPE/UFRJ. Participa também da equipe a Eng. Marta Farah Affonso Alves, da Fundação Rio Águas, atualmente inscrita no doutorado do PENO.

Rio de Janeiro, 16 de Agosto de 2002.

Prof. Paulo Cesar C. Rosman
COORDENADOR DO PROJETO

Prof. Júlio C. R. Cyrino
COORDENADOR
PROGRAMA DE ENGENHARIA OCEÂNICA

Angela Uller
DIRETORA EXECUTIVA
FUNDAÇÃO COPPETEC