

RELATÓRIO DE MONITORIZAÇÃO

RM_HID-MCNM_202209_PA_RIA DE AVEIRO

INTERVENÇÃO DE TRANSPOSIÇÃO DE SEDIMENTOS PARA
OTIMIZAÇÃO DO EQUILÍBRIO HIDRODINÂMICO NA RIA DE AVEIRO

MONITORIZAÇÃO DA HIDROLOGIA / HIDRODINÂMICA - MEDIÇÃO DE
CORRENTES E NÍVEIS DE MARÉ

CAMPANHA DA FASE DE PÓS-CONSTRUÇÃO



MONITAR
engenharia do ambiente

PÁGINA 1

RELATÓRIO DE MONITORIZAÇÃO

RM_HID-MCNM_202209_PA_RIA DE AVEIRO

INTERVENÇÃO DE TRANSPOSIÇÃO DE SEDIMENTOS PARA OTIMIZAÇÃO DO EQUILÍBRIO HIDRODINÂMICO NA RIA DE AVEIRO

MONITORIZAÇÃO DA HIDROLOGIA / HIDRODINÂMICA - MEDIÇÃO DE CORRENTES E NÍVEIS DE MARÉ

CAMPANHA DA FASE DE PÓS-CONSTRUÇÃO

DESIGNAÇÃO DO PROJETO	N.º PROCESSO AIA	N.º PÓS-AVALIAÇÃO
TRANSPOSIÇÃO DE SEDIMENTOS PARA A OTIMIZAÇÃO DO EQUILÍBRIO HIDRODINÂMICO NA RIA DE AVEIRO - CANAL DE MIRA	2832	619
TRANSPOSIÇÃO DE SEDIMENTOS PARA A OTIMIZAÇÃO DO EQUILÍBRIO HIDRODINÂMICO NA RIA DE AVEIRO - CANAIS DE OVAR ATÉ CARREGAL, DE OVAR ATÉ PARDILHÓ, DA MURTOSA, DE ÍLHAVO, LAGO DO PARAÍSO E DA ZONA CENTRAL DA RIA		620



FICHA TÉCNICA DO RELATÓRIO

AUTOR DO RELATÓRIO	MONITAR, LDA.
IDENTIFICAÇÃO DO CLIENTE	POLIS LITORAL RIA DE AVEIRO – SOCIEDADE PARA A REQUALIFICAÇÃO E VALORIZAÇÃO DA RIA AVEIRO, S.A., EM LIQUIDAÇÃO PARQUE DE EXPOSIÇÕES DE AVEIRO, RUA D. MANUEL DE ALMEIDA TRINDADE 3810 – 488 AVEIRO
TÍTULO DO RELATÓRIO	INTERVENÇÃO DE TRANSPOSIÇÃO DE SEDIMENTOS PARA OTIMIZAÇÃO DO EQUILÍBRIO HIDRODINÂMICO NA RIA DE AVEIRO MONITORIZAÇÃO DA HIDROLOGIA / HIDRODINÂMICA – MEDIÇÃO DE CORRENTE E NÍVEIS DE MARÉ CAMPANHA DA FASE DE PÓS-CONSTRUÇÃO
N.º DO RELATÓRIO	RM_HID-MCNM_202209_PA_RIA DE AVEIRO
EDIÇÃO/REVISÃO	EDIÇÃO 01 / REVISÃO 00
NATUREZA DAS REVISÕES	-
EDIÇÕES / REVISÕES ANTERIORES	-
ÂMBITO DO RELATÓRIO	CUMPRIMENTO DO PLANO DE MONITORIZAÇÃO DA INTERVENÇÃO DE TRANSPOSIÇÃO DE SEDIMENTOS PARA OTIMIZAÇÃO DO EQUILÍBRIO HIDRODINÂMICO NA RIA DE AVEIRO, PARA A FASE DE PÓS-CONSTRUÇÃO, DOS DESCRITORES: MEDIÇÃO DE CORRENTES E NÍVEIS DE MARÉ.
DATA DA MONITORIZAÇÃO	<ul style="list-style-type: none">• INTENSIDADE DE CORRENTE – 23 DE AGOSTO A 11 DE SETEMBRO DE 2022• NÍVEL DE MARÉ – 08 DE JULHO A 8 DE SETEMBRO DE 2022
COORDENAÇÃO	
DATA DE PUBLICAÇÃO DO RELATÓRIO	SETEMBRO DE 2022

ÍNDICE

1	INTRODUÇÃO.....	6
1.1	Identificação, Objetivos e Âmbito da Monitorização.....	6
1.2	Descrição do projeto e área de Estudo	6
1.3	Estrutura do relatório	8
1.4	Autoria técnica do relatório	9
2	ANTECEDENTES.....	10
2.1	Considerações e documentos de referência.....	10
3	DESCRIÇÃO DO PROGRAMA DE MONITORIZAÇÃO DA HIDROLOGIA / HIDRODINÂMICA.....	13
3.1	Frequência, parâmetros e locais de Medição	13
3.2	Métodos, equipamentos e critérios de avaliação dos dados.....	19
3.2.1	Medição da intensidade da corrente.....	19
3.2.1.1	Metodologia de análise	20
3.2.2	Medição do nível de maré	21
3.2.2.1	Metodologia de análise - Caracterização da elevação da superfície livre do mar em julho e agosto de 2022.....	22
3.2.2.2	Metodologia de análise - Alterações de maré entre 2019 e 2022.....	23
3.2.2.3	Metodologia de análise - Alterações de maré entre 1987/88 e 2022	23
3.3	Relação das atividades construtivas ou fatores exógenos do projeto com os locais de amostragem	24
4	ANÁLISE DOS RESULTADOS DA MONITORIZAÇÃO DA HIDROLOGIA / HIDRODINÂMICA	27
4.1	Análise dos resultados obtidos para a intensidade da corrente	27
4.1.1	Análise estatística	29
4.1.2	Análise das curvas da intensidade da corrente.....	33
4.1.3	Razão entre a intensidade máxima e a amplitude de maré.....	45
4.1.4	Desfasamento entre a intensidade da corrente e a altura de água.....	45

4.2	Análise dos resultados obtidos para os níveis de maré	46
4.2.1	Variações de nível na campanha da fase de pós-dragagem - julho e agosto de 2022.....	49
4.2.2	Maré meteorológica	60
4.2.3	Maré astronómica.....	70
4.2.4	Comparação da fase pré-dragagem (2019) com a fase pós-dragagem (2022)	72
4.2.5	Alterações de maré entre 1987/88 e 2022	84
5	CONCLUSÕES	91
6	BIBLIOGRAFIA	94

1 INTRODUÇÃO

1.1 IDENTIFICAÇÃO, OBJETIVOS E ÂMBITO DA MONITORIZAÇÃO

O presente documento constitui o Relatório de Monitorização (RM) da medição da intensidade da corrente e nível de maré, referente à campanha realizada em fase de pós-construção, dando cumprimento ao Programa de Monitorização (PM) da hidrologia / hidrodinâmica da Intervenção de Transposição de Sedimentos para Otimização do Equilíbrio Hidrodinâmico na Ria de Aveiro, constante no Caderno de Encargos do Concurso Público n.º PRA.18.PC023/LB. O PM foi elaborado de acordo com as normas legais em vigor, com o respetivo Estudo de Impacte Ambiental (EIA), Declaração de Impacte Ambiental (DIA) emitida a 19/04/2016, Relatório de Conformidade Ambiental do Projeto de Execução (RECAPE) e Declarações sobre a Conformidade Ambiental do Projeto de Execução (DCAPE) emitidas pela Agência Portuguesa do Ambiente, I.P, nomeadamente a DCAPE de 28 de março de 2018 que abrange os Canais de Ovar até Carregal, de Ovar até Pardilhó, da Murtosa, de Ílhavo, Lago do Paraíso e da Zona Central da Ria e a DCAPE referente ao Canal de Mira, emitida a 19 de setembro de 2017.

O trabalho foi realizado no âmbito do concurso público de prestação de serviços para a “Implementação do Programa de Monitorização da Intervenção de Transposição de Sedimentos para Otimização do Equilíbrio Hidrodinâmico na Ria de Aveiro”, promovido pela Polis Litoral – Ria de Aveiro, S.A., de forma a avaliar-se os eventuais impactes decorrentes da implementação do Projeto Transposição de Sedimentos para Otimização do Equilíbrio Hidrodinâmico na Ria de Aveiro.

O presente relatório tem como principal objetivo avaliar a situação pós-construção, no âmbito da Intervenção de Transposição de Sedimentos para Otimização do Equilíbrio Hidrodinâmico na Ria de Aveiro, por forma a avaliar o estado pós construção da hidrologia / hidrodinâmica, comparando com a campanha de da fase de pré-construção.

No presente RM são consideradas as variáveis: intensidade da corrente e nível de maré constantes no PM no que concerne à hidrologia / hidrodinâmica. Para medição de correntes foram caracterizados 7 locais (Varela; Moranzel; Parrachil; Costa Nova; Vagueira; Vista Alegre; Cais da Pedra) e para a medição do nível de maré foram caracterizados 9 locais (Carregal; Puxadouro; Torreira; Cais do Bico; Rio Novo; Vagueira; Areão; Vista Alegre; Cais da Pedra).

1.2 DESCRIÇÃO DO PROJETO E ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo do projeto de Intervenção de Transposição de Sedimentos para Otimização do Equilíbrio Hidrodinâmico na Ria de Aveiro, localiza-se no distrito de Aveiro, nos concelhos de Albergaria-a-Velha (freguesia de Angeja), Aveiro (freguesias de Cacia, Esgueira, S. Jacinto, União de freguesias de Glória e

Vera Cruz), Estarreja (freguesia de Pardilhó), Ílhavo (freguesias de Gafanha do Carmo, Gafanha da Encarnação, Gafanha da Nazaré, Ílhavo), Murtosa (freguesias de Bunheiro, Murtosa, Torreira), Ovar (União de freguesias de Ovar, S. João, Arada e S. Vicente de Pereira Jusã e Válega) e Vagos (freguesias de Gafanha da Boa Hora, Sosa e União das freguesias de Vagos e St. António) (*vide* Figura 1).

A Ria de Aveiro é uma laguna costeira pouco profunda, com uma área de aproximadamente 45 km², e apresenta uma morfologia complexa de 4 braços principais: o Canal de Mira, um canal longo, estreito e pouco profundo, a sul; o Canal de Ovar, um canal largo, profundo, que se prolonga a norte; o Canal de Ílhavo, estreito e pouco extenso, que corresponde à entrada do rio Boco no sistema estuarino; e o Canal do Espinheiro, que corresponde à entrada dos rios Vouga e Antuã e aos sistemas de ínsuas e sistemas de salinas ativas (Agri-Pro Ambiente, 2015).

O projeto consistiu na intervenção em 60 km de frente costeira, 140 km de frente lagunar e em 24 km de frente ribeirinha do Rio Vouga. Para além da atuação em toda a Ria de Aveiro, foram intervencionadas 15 praias, tendo a recuperação, consolidação e proteção do sistema costeiro e lagunar, visado a prevenção de riscos, a renaturalização de um conjunto de estruturas ecológicas lagunares e costeiras e valorização da reserva Natural das dunas de S. Jacinto e requalificação e criação de estruturas que potenciam as atividades económicas presentes e o reordenamento e qualificação das frentes lagunares, através da harmonização do tecido urbano, com os valores ambientais em presença e promovendo uma nova vivência da ria.

O projeto foi dividido em duas partes/fases em que se agruparam os diferentes canais da Ria de Aveiro, uma parte englobando o Canal de Mira e a outra parte os Canais de Ovar até Carregal e até Pardilhó e Canal da Murtosa; Canal de Ílhavo, Canais do Lago do Paraíso e da Zona Central da Ria, dado que os mesmos foram sujeitos a empreitadas distintas e com tempos de execução de obra também diferentes.

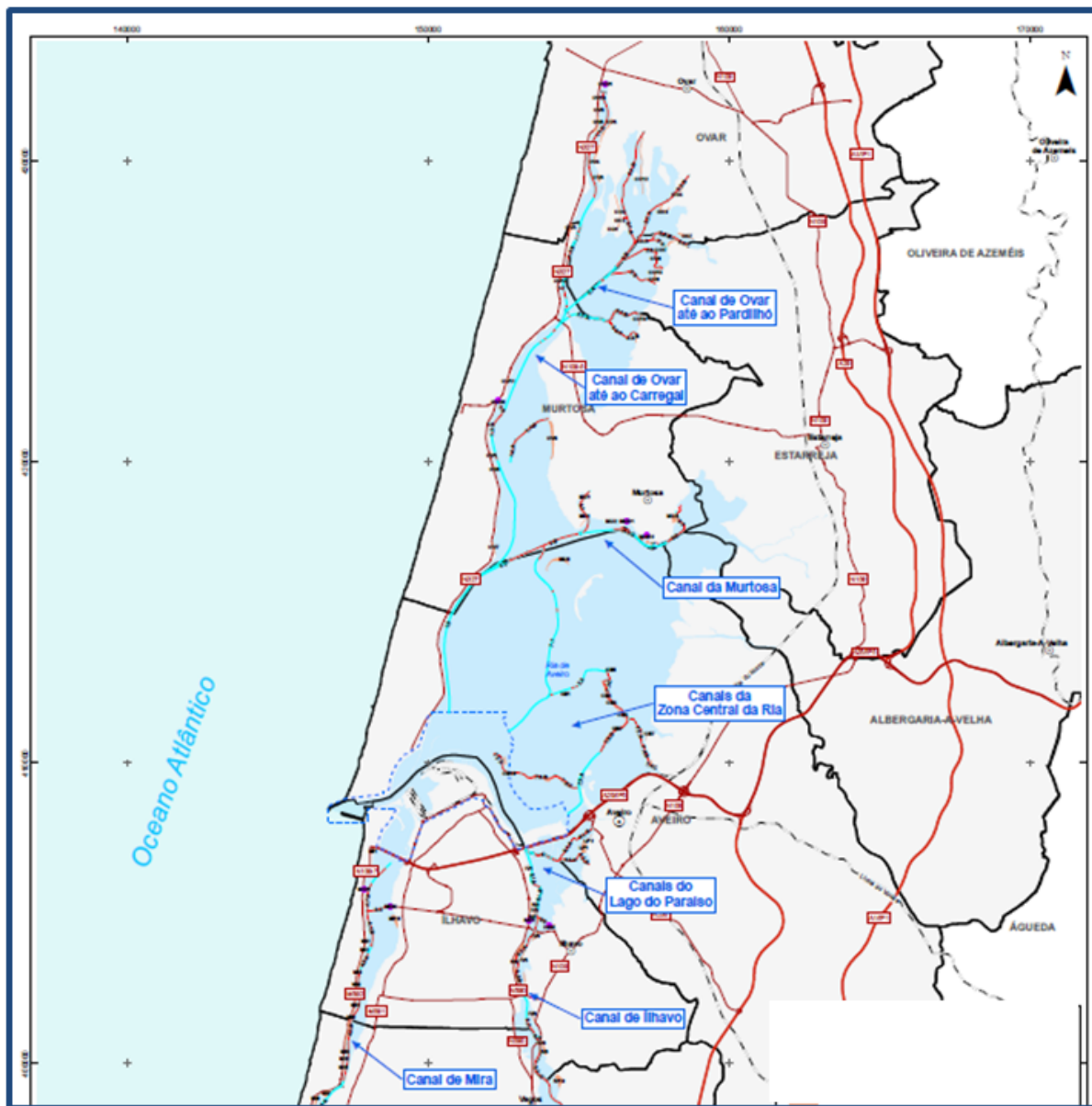


Figura 1 – Área de Estudo (Agri-Pro Ambiente, 2015).

1.3 ESTRUTURA DO RELATÓRIO

O presente RM encontra-se estruturado de acordo com as notas técnicas constantes no Anexo V da Portaria n.º 395/2015, de 4 de novembro, no que lhe é aplicável.

1.4 AUTORIA TÉCNICA DO RELATÓRIO

A coordenação dos trabalhos, bem como, a realização das medições dos níveis de maré e intensidade da corrente ficou a cargo da empresa Monitar, a análise e interpretação dos resultados foi efetuada conjuntamente pela Monitar e IDAD - Instituto do Ambiente e Desenvolvimento. A descrição da equipa técnica responsável pelas monitorizações é apresentada na Tabela 1.

Tabela 1 – Equipa técnica responsável

NOME	QUALIFICAÇÃO PROFISSIONAL	FUNÇÃO
Paulo Gabriel Fernandes de Pinho	Licenciatura em Engenharia do Ambiente Mestrado em Poluição Atmosférica Doutoramento em Ciências Aplicadas ao Ambiente Membro Sénior da Ordem dos Engenheiros	Coordenação e realização da medição de intensidade de corrente Análise e interpretação dos resultados
João Ricardo Morgado Martinho	Licenciatura em Engenharia do Ambiente Mestrado em Tecnologias Ambientais	
Gabriel António Cortinhal Rodrigues	Licenciatura em Engenharia Eletrotécnica	Colocação e manutenção das estações fixas de medição dos níveis de maré, gestão dos dados e da plataforma web
João Mata	Licenciatura em Engenharia Eletrotécnica	
João Miguel Dias	Licenciatura em Física Mestrado em Ciências Geofísicas Doutoramento em Física Agregação em Física	Coordenação da análise e interpretação dos resultados
Carina de Lurdes Bastos Lopes	Licenciatura em Meteorologia e Oceanografia Física Mestrado em Meteorologia e Oceanografia Física Doutoramento em Física	Análise e interpretação dos resultados
Nuno Alexandre Firmino Vaz	Licenciatura em Física Doutoramento em Física	

2 ANTECEDENTES

2.1 CONSIDERAÇÕES E DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA

Dando prossecução às intenções expressas no Programa do XVII Governo Constitucional, que preconiza o desenvolvimento de uma política integrada e coordenada para as zonas costeiras, tendo em vista promover a proteção ambiental e a valorização paisagística a par da qualificação das atividades económicas, foi determinada a realização de um conjunto de operações de requalificação e valorização do litoral, com a designação Polis Litoral — Operações Integradas de Requalificação e Valorização da Orla Costeira (Resolução do Conselho de Ministros N.º 90/2008, de 3 de junho).

O Projeto de Intervenção de Transposição de Sedimentos para Otimização do Equilíbrio Hidrodinâmico na Ria de Aveiro enquadrou-se no Plano Estratégico da Intervenção de Requalificação e Valorização da Ria de Aveiro, e teve como objetivo desenvolver uma estratégia global coerente para a Ria de Aveiro, enquadrar e potenciar uma operação integrada entre projetos/ações e atores públicos e privados a mobilizar e dar resposta às preocupações e intenções presentes no Programa do governo em relação às zonas costeiras, tendo sido da responsabilidade da Polis Litoral – Ria de Aveiro a gestão, coordenação e a execução do investimento na Operação Integrada de Requalificação e Valorização da Ria de Aveiro, nos termos definidos no respetivo Plano Estratégico.

A Polis Litoral – Ria de Aveiro promoveu, em fase de Anteprojecto, um processo de Avaliação de Impacte Ambiental do Projeto de Intervenção de Transposição de Sedimentos para Otimização do Equilíbrio Hidrodinâmico na Ria de Aveiro, com o objetivo de dar resposta às disposições do Decreto-Lei n.º 151-B/2013, de 31 de outubro, com as alterações introduzidas pelo Decreto-Lei n.º 47/2014, de 24 de março. O estudo de Impacte Ambiental ocorreu no período compreendido entre fevereiro e outubro de 2014 com complementos posteriores até junho de 2015, tendo sido emitida a respetiva DIA em 19 de abril de 2016, com parecer favorável ao cumprimento de um conjunto de condições expressas na DIA.

Com a emissão da DIA foi definido um conjunto de medidas a considerar no Projeto de Execução e a sua verificação através da elaboração do RECAPE, para apresentação e verificação da Autoridade de AIA. Nesta fase de Projeto de Execução foi decisão do proponente, Polis Litoral Ria de Aveiro, apresentar RECAPE's individualizados para cada um dos projetos (Barrinha de Mira e as três zonas em que se agruparam os diferentes canais da Ria de Aveiro: Canal de Mira; Canais de Ovar até Carregal e até Pardilhó e Canal da Murtosa; Canal de Ílhavo, Canais do Lago do Paraíso e da Zona Central da Ria), dado que os mesmos serão sujeitos a empreitadas distintas e com tempos de execução de obra também diferentes.

Em Maio de 2017 foi entregue o RECAPE relativo ao Projeto de Execução da Transposição de Sedimentos para a Otimização do Equilíbrio Hidrodinâmico na Ria de Aveiro - Canal de Mira, qual, e para além do reforço das margens da Ria de Aveiro em zonas de cotas baixas ameaçadas pelo avanço das águas,

incluiu também medidas ativas que visam restabelecer o fornecimento de sedimentos ao litoral, tal como preconizado na DIA. O Título Único Ambiental (TUA) e a DCAPE foram emitidos em 19 de setembro de 2017. Em 7 de novembro de 2017 deu entrada na Autoridade de AIA um aditamento pós emissão da DCAPE, acompanhado das respetivas alterações ao projeto de execução.

Em novembro de 2017 foi entregue o RECAPE relativo ao Projeto de Execução da Transposição de Sedimentos para a Otimização do Equilíbrio Hidrodinâmico na Ria de Aveiro que abrange os Canais de Ovar até ao Carregal, Ovar até Pardilhó, Murtosa, Ílhavo, Lago do Paraíso e Zona Central da Ria, concluindo-se com a sua apresentação, e na sequência de um primeiro RECAPE somente elaborado para o Canal de Mira (Maio de 2017), a globalidade da avaliação do projeto de intervenção na Ria de Aveiro face à DIA. O Título Único Ambiental (TUA) e a DCAPE foram emitidos em 28 de março de 2018. Em abril de 2018 deu entrada na Autoridade de AIA um aditamento pós emissão da DCAPE, acompanhado das respetivas alterações ao projeto de execução.

As DCAPEs emitidas relativas às Transposições de Sedimentos para Otimização do Equilíbrio Hidrodinâmico da Ria de Aveiro no Canal de Mira e Canais de Ovar até Carregal, de Ovar até Pardilhó, da Murtosa, de Ílhavo, Lago do Paraíso e da Zona Central da Ria, referem que o Projeto de Execução e respetivo Relatório de Conformidade Ambiental do Projeto de Execução (RECAPE) se encontram conformes, na generalidade. Foi verificada a compatibilidade e adequação da qualidade dos sedimentos aos locais de depósito, incluindo o meio marítimo para os Canais de Ovar até Carregal, de Ovar até Pardilhó, da Murtosa, de Ílhavo, Lago do Paraíso e da Zona Central da Ria, concluindo-se pela existência de impactes negativos pouco significativos durante a sua execução, minimizados pelas soluções propostas, incluindo soluções de contenção dos dragados e pela existência de impactes positivos significativos na proteção das margens da Ria, na recuperação de motas e taludes das salinas e marinhas da Ria, bem como pela contribuição pela redução do défice sedimentar e combate à erosão costeira, nomeadamente pela alimentação da deriva litoral. É considerado adequado e suficientemente justificado o conjunto de alterações introduzidas no projeto de execução, no sentido do cumprimento das condições da DIA. Neste sentido, foi emitida a decisão de conformidade, condicionada ao cumprimento dos termos e condições impostas nos documentos.

Entre junho e julho de 2019 foi realizada a monitorização da Hidrologia / Hidrodinâmica, das variáveis: intensidade da corrente e nível de maré, em fase de pré-construção, tendo sido emitido o Relatório de Monitorização “RM_HID-MCNM_201908_PA_RIA DE AVEIRO” em agosto de 2019.

A transposição de sedimentos decorreu entre junho de 2019 e junho de 2022 e durante este período ocorreram também as monitorizações ambientais definidas no Programa de Monitorização (PM) da Intervenção de Transposição de Sedimentos para Otimização do Equilíbrio Hidrodinâmico na Ria de Aveiro, constante no Caderno de Encargos do Concurso Público n.º PRA.18.PC023/LB, o qual foi elaborado de acordo com as normas legais em vigor, com o respetivo EIA, DIA, RECAPE e DCAPE emitidas pela Agência Portuguesa

do Ambiente, I.P, nomeadamente a DCAPE de 28 de março de 2018 que abrange os Canais de Ovar até Carregal, de Ovar até Pardilhó, da Murtosa, de Ílhavo, Lago do Paraíso e da Zona Central da Ria e a DCAPE referente ao Canal de Mira, emitida a 19 de setembro de 2017.

O presente RM consiste no relatório de monitorização da Hidrologia / Hidrodinâmica, das variáveis: intensidade da corrente e nível de maré, em fase de pós-construção, dando cumprimento ao referido PM.

3 DESCRIÇÃO DO PROGRAMA DE MONITORIZAÇÃO DA HIDROLOGIA / HIDRODINÂMICA

Os locais, parâmetros, frequência e metodologias adotados foram os definidos no PM da Monitorização da Hidrologia / Hidrodinâmica, para a fase de pré-construção, da Intervenção de Transposição de Sedimentos para Otimização do Equilíbrio Hidrodinâmico na Ria de Aveiro, constante no Caderno de Encargos do Concurso Público n.º PRA.18.PC023/LB.

3.1 FREQUÊNCIA, PARÂMETROS E LOCAIS DE MEDIÇÃO

O PM da Ria de Aveiro desenvolveu-se em duas fases distintas de dois meses, que decorrem num período pré-construção/situação de referência e no final do processo de dragagens, que corresponde à fase de construção e decorreu em 2022.

Assim, foi realizada 1 campanha para a fase de pré-construção e outra campanha para a fase pós construção. Para a intensidade da corrente, em cada local de medição, foram realizados registos durante um período de cerca de 25 horas (aproximadamente 2 ciclos de maré). As medições de nível de maré, em cada local de medição, abrangeram uma duração de 2 (dois) meses com registo de dados de 15 em 15 minutos.

As datas da realização das campanhas de monitorização encontram-se descritas na Tabela 2

Tabela 2 - Datas das campanhas de medição de correntes e níveis de maré, da fase de pré-construção e da fase de pós-construção.

FATOR AMBIENTAL	VARIÁVEIS / ELEMENTOS	FASE DE PRÉ-CONSTRUÇÃO	FASE DE PÓS-CONSTRUÇÃO
		PERÍODO DE AMOSTRAGEM	PERÍODO DE AMOSTRAGEM
Hidrologia / Hidrodinâmica	Intensidade da Corrente	07 a 18 de junho de 2019	08 de julho a 08 de setembro de 2022
	Nível de Maré	01 de junho a 31 de julho de 2019	23 de agosto a 11 de setembro de 2022

Os locais de medição foram coincidentes com as estações definidas oficialmente pelo Instituto Hidrográfico (IH), e utilizadas nas campanhas IH-1987/88, Universidade de Aveiro (UA)-2002/04 e Administração do Porto de Aveiro (APA)-2012/17, e por esta razão proporcionam uma base de comparação direta com os resultados dessas campanhas sistemáticas.

Os locais de medição correspondem a um total de 16 (*vide* Figura 2) dos quais 7 referem-se à avaliação da intensidade da corrente (Varela; Moranzel; Parrachil; Costa Nova; Vagueira; Vista Alegre; Cais da Pedra) (*vide* Tabela 3) e 9 são referentes à avaliação do nível de maré (Carregal; Puxadouro; Torreira; Cais do Bico; Rio Novo; Vagueira; Areão; Vista Alegre; Cais da Pedra) (*vide* Tabela 4).

Na Figura 3 são apresentadas fotografias dos locais onde foram realizadas as medições de intensidade da corrente e na Figura 4 são apresentadas fotografias das estações fixas de medição do nível de maré.

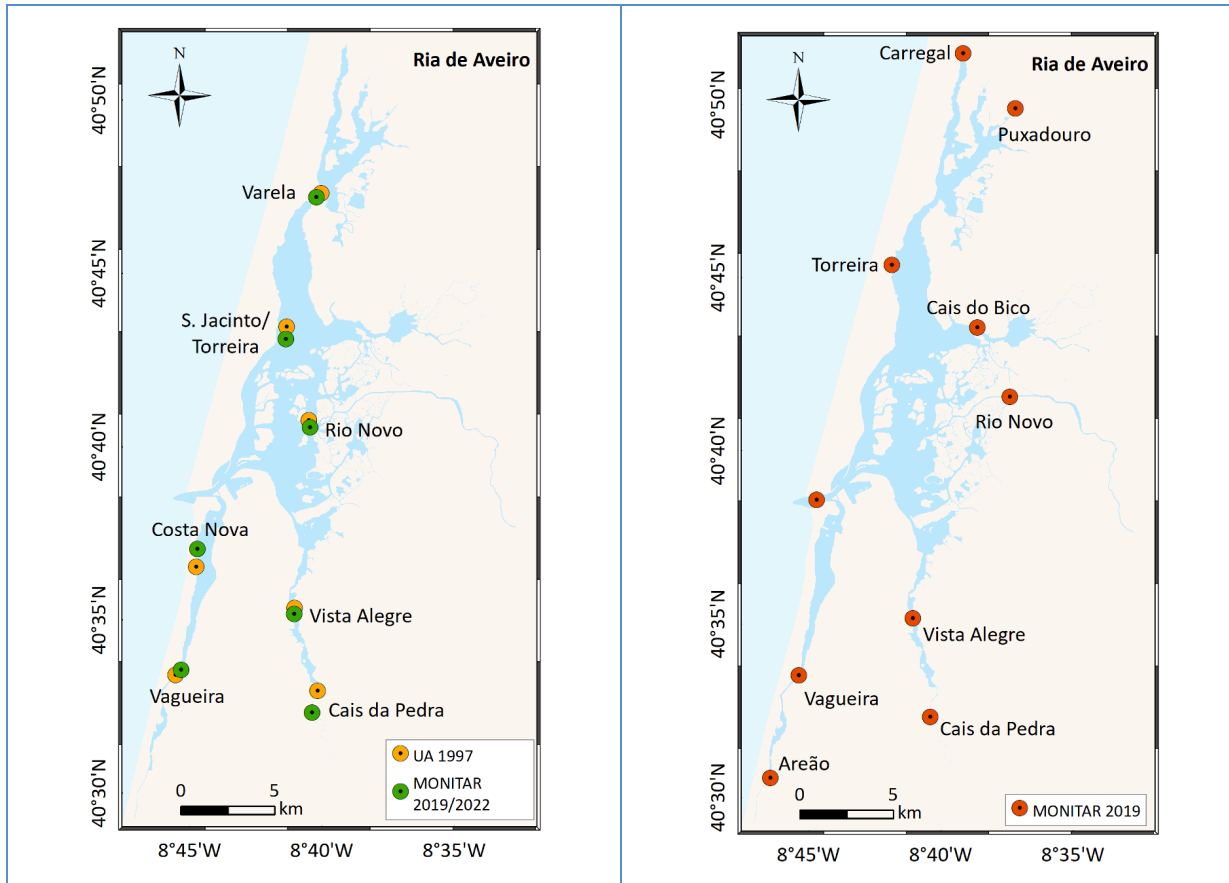


Figura 2 – Localização dos locais de medição da intensidade da corrente nas campanhas de 1997 e 2019/2022, UA e Monitar, respetivamente (lado esquerdo) e localização dos 9 locais de medição do nível de maré (lado direito).

Tabela 3 – Localização, identificação e coordenadas dos locais de medição da intensidade da corrente.

DESIGNAÇÃO PM	LOCALIZAÇÃO	IDENTIFICAÇÃO DO LOCAL DE MEDIÇÃO	COORDENADAS WGS 84		ETRS89 PORTUGAL TM06	
			LATITUDE	LONGITUDE	M	P
HID 10	Canais de São Jacinto e Ovar	Varela	40°47'19.55"N	8°40'25.48"W	-45632	124561
HID 11		Moranzel	40°43'13.61"N	8°41'32.72"W	-47269	116882
HID 12	Rio Vouga	Parrachil	40°40'40.73"N	8°40'36.13"W	-45957	112260
HID 13	Canal de Mira	Costa Nova	40°37'9.00"N	8°44'50.57"W	-51978	105768
HID 8		Vagueira	40°33'39.02"N	8°45'25.65"W	-52849	99296
HID 6	Canal de Ílhavo	Vista Alegre	40°35'17.23"N	8°41'9.98"W	-46815	102285
HID 7		Cais da Pedra	40°32'26.48"N	8°40'28.10"W	-45872	97016

Tabela 4 – Localização, identificação e coordenadas dos locais de medição do nível de maré.

DESIGNAÇÃO PM	LOCALIZAÇÃO	IDENTIFICAÇÃO DO LOCAL	COORDENADAS WGS 84		ETRS89 PORTUGAL TM06	
			LATITUDE	LONGITUDE	M	P
HID 1	Canais de São Jacinto e Ovar	Carregal	40°51'36.50"N	8°39'22.87"W	-44116	132478
HID 2		Puxadouro	40°50'1.75"N	8°37'23.27"W	-41332	129539
HID 3		Torreira	40°50'45.21"N	8°42'3.91"W	-47907	121162
HID 4	Bacia do Laranjo	Cais do Bico	40°43'41.67"N	8°38'46.73"W	-43356	121162
HID 5	Rio Vouga	Rio Novo	40°41'42.03"N	8°37'32.44"W	-41633	114125
HID 6	Canal de Ílhavo	Vista Alegre	40°35'3.89"N	8°41'0.87"W	-46603	101873
HID 7		Cais da Pedra	40°32'26.60"N	8°40'28.49"W	-45872	97016
HID 8	Canal de Mira	Vagueira	40°33'36.94"N	8°45'26.34"W	-52866	99233
HID 9		Areão	40°30'38.96"N	8°46'31.25"W	-54433	93753



Local de Medição - Varela



Local de Medição - Moranzel



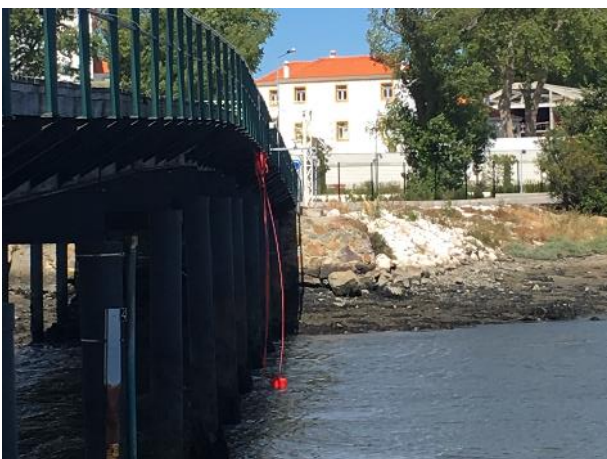
Local de Medição - Parrachil



Local de Medição - Costa Nova



Local de Medição - Vagueira



Local de Medição - Vista Alegre



Local de Medição - Cais da Pedra

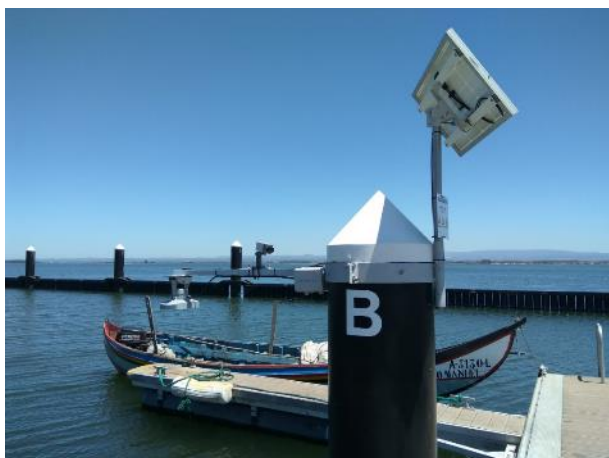
Figura 3 – Registo fotográfico dos locais de medição da intensidade da corrente.



Local de Medição - Carregal



Local de Medição - Puxadouro



Local de Medição - Torreira



Local de Medição - Cais do Bico



Local de Medição - Rio Novo



Local de Medição - Vagueira



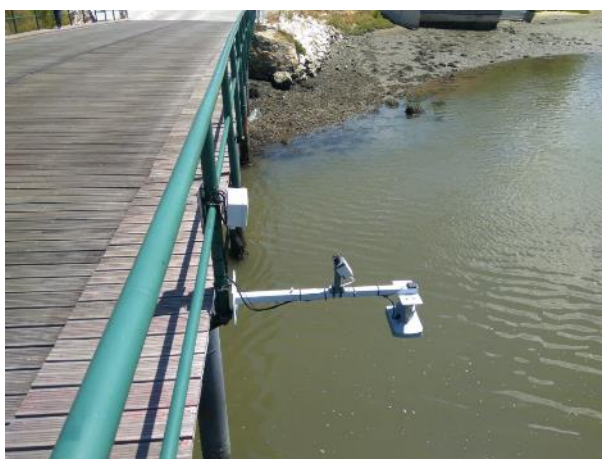
Local de Medição – Areão (até junho de 2022)



Local de Medição – Areão (campanha julho a setembro de 2022)



Local de Medição - Cais da Pedra



Local de Medição - Vista Alegre

Figura 4 – Registo fotográfico das estações de medição do nível de maré.

3.2 MÉTODOS, EQUIPAMENTOS E CRITÉRIOS DE AVALIAÇÃO DOS DADOS

Os métodos e equipamentos utilizados para a realização dos trabalhos, assim com os critérios de avaliação de dados, estão em conformidade com o estabelecido no PM e adequados ao trabalho em causa.

3.2.1 Medição da intensidade da corrente

Para a medição da intensidade da corrente, em cada local de medição de amostragem, foram efetuados registos durante um período de 25 horas (aproximadamente 2 ciclos de maré) e gravação de dados de 5 em 5 minutos.

As medições foram efetuadas com recurso a um ADCP (Acoustic Doppler Current Profiler), marca Nortek modelo Signature 1000 (*vide* Figura 5), que foi colocado no fundo, nos locais de medição definidos no PM. O equipamento possui as seguintes características:

- Gama de medição da intensidade de corrente:
 - Gama de medição: 0,3 cm/s a 5 m/s
 - Resolução: 0,1 cm/s
- Capacidade de levantamento do leito do rio:
 - Gama de medição da profundidade: 0,5 m a 30 m.
 - Gama de medição de células: variável entre 0,2 e 2 m.



Figura 5 – Equipamento ADCP Signature 1000.

3.2.1.1 Metodologia de análise

Os períodos de monitorização de 2019 e de 2022 foram representados ao longo da curva de elevação da superfície livre da água prevista para a embocadura da Ria de Aveiro para cada um dos períodos de monitorização, evidenciando o tipo (maré-viva ou maré morta) e a fase de maré (início em preia-mar, vazante, baixa-mar ou enchente) correspondente a cada período de monitorização para cada local de medição.

Os dados resultantes da medição da intensidade da corrente foram tratados e analisados inicialmente, para cada um dos períodos em estudo, verificando-se a sua conformidade e coerência.

Posteriormente, os dados amostrados da intensidade da corrente para o período atual foram representados graficamente. A metodologia seguida compreendeu a realização da comparação gráfica entre a intensidade da corrente medida junto à superfície livre da água, junto ao fundo e ainda o valor médio na coluna de água, para aferir a variação vertical da intensidade ao longo da coluna de água. No local de medição do Cais da Pedra, foram considerados os valores de intensidade obtidos em células junto ao fundo, uma vez que este local apresenta profundidade muito reduzida, e, portanto, os valores das células de medida superiores não apresentam robustez suficiente que permita a sua análise.

Posteriormente, e por uma questão de coerência metodológica com a fase anterior do estudo, optou-se por comparar a componente média da intensidade da corrente ao longo da coluna de água com os valores medidos em 2019, para cada umas das locais de medição. Adicionalmente, efetuou-se ainda a representação gráfica da intensidade da corrente medida em cada local de medição em simultâneo com a curva de maré local, e determinou-se o desfasamento temporal entre máximos de altura de água e intensidade da corrente, para cada período de monitorização.

Os dados de intensidade da corrente foram também analisados estatisticamente, calculando valores médios e respetivo desvio, máximos e mínimos de intensidade da corrente, para cada um dos locais de medição.

Foi ainda determinada a assimetria de maré para os dados resultantes da monitorização de 2022, para cada local de medição, de forma a identificar se a dominância local é de enchente ou de vazante, sendo os resultados comparados com os obtidos no cenário pré-dragagem.

Considerando que a intensidade da corrente é fortemente dependente da amplitude da maré, a comparação entre medições efetuadas em diferentes condições de maré não é elucidativa de eventuais variações existentes entre os períodos em análise. Assim, e para facilitar a comparação entre os resultados das campanhas de 2019 e de 2022, foi determinada a relação entre a intensidade máxima da corrente

integrada na coluna de água (intensidade local máxima) e a amplitude de maré (amplitude de maré local), para cada um dos períodos:

$$R_{mare_vel} = \frac{Velocidade\ local\ máxima}{Amplitude\ de\ maré\ local}$$

Não foi efetuada a análise comparativa da direção da corrente medida em 2022 com os valores medidos em 2019, considerando que a direção do escoamento dominante é fortemente dependente da orientação do canal e os locais de medição podem não ser totalmente coincidentes. Adicionalmente, optou-se por não efetuar esta análise de forma a manter a coerência metodológica com a fase anterior do estudo.

3.2.2 Medição do nível de maré

Para a medição do nível de maré foram instaladas 9 estações fixas e em cada local de medição foram recolhidos dados durante 2 (dois) meses, entre junho e julho de 2019, com registos em contínuo a cada 15 minutos.

As estações da Vista Alegre e Vagueira foram colocadas em pontes, as do Carregal, Torreira e Cais do Bico em postes localizados nas respetivas marinas e as estações do Puxadouro, Rio Novo, Cais da Pedra e Areão foram colocadas na margem (ver Figura 4). Na campanha de 2022 a estação do Areão foi mudada para a ponte por forma a não ser influenciada pela vegetação existente no canal.

As estações de medição de nível de maré, dispõem de um sistema de alimentação autónomo (painel solar e baterias de lítio) e de um sistema de transmissão de dados via GSM/GPRS, sendo os dados disponibilizados “online” na plataforma MonitarSense. Esta opção torna-se extremamente importante, dado que permitiu e permite, verificar o estado de prontidão e funcionamento das estações e equipamentos em tempo real.

As estações de medição do nível de maré instaladas utilizam um sistema de radar (*vide* Figura 6) e possuem as seguintes características:

- Marca: MONITARSENSE
- Resolução: Seleccionável: 1 cm
- Gama de medição: 0,4 – 35,0 m
- Precisão: 0,4 – 2,0 m: ±10 mm; 2,0 – 30 m: ±3 mm; 30 – 35 m: ±10 mm



Figura 6 – Equipamento de medição de nível de maré.

As alturas (níveis) da água são referidas ao zero hidrográfico (ZH).

3.2.2.1 Metodologia de análise - Caracterização da elevação da superfície livre do mar em julho e agosto de 2022

Foram caracterizadas as variações do nível do mar na Ria de Aveiro através da análise dos registos maregráficos obtidos entre 8 de julho e 8 de setembro de 2022. As séries temporais de elevação foram divididas em dois meses e analisadas independentemente. Como os registos tiveram início a 8 de julho considerou-se para o mês de julho os dados registados entre 8 de julho e 7 de agosto, e para o mês de agosto os dados registados entre 8 de agosto e 8 de setembro.

Inicialmente analisaram-se nas 9 estações as séries temporais de elevação de superfície livre, descrevendo-se qualitativamente os padrões observados e quantificando-se os níveis mínimos e máximos mensais e a respetiva data de ocorrência.

De seguida o registo maregráfico foi usado para caracterizar a maré meteorológica e astronómica no período de monitorização. Potenciais eventos de maré meteorológica foram identificados a partir dos níveis residuais determinados pelos seguintes métodos:

- Método 1 – o residual de maré é determinado para cada série temporal por subtração entre os valores de nível medidos e determinados para o mesmo instante por síntese harmónica, a partir das constantes harmónicas determinadas para o respetivo período aplicando a subrotina *Matlab t_tide* (Pawlowicz et al., 2002);

- Método 2 – o residual de maré é determinado através da aplicação de um filtro às séries temporais de nível de água medidas. O filtro aplicado utiliza uma frequência limite de 0,0000093 Hz (30 h) para separar as oscilações de alta frequência (maré astronómica) e as oscilações de baixa frequência (residual de maré).

Analisaram-se as séries temporais de nível residual de forma a identificar potenciais eventos de maré meteorológica. Para cada evento de maré meteorológica identificado, determinou-se a data de ocorrência e para cada local de medição calculou-se o nível máximo de cada evento pelos dois métodos. Analisou-se ainda a situação sinótica em cada um dos eventos e confirmou-se a ocorrência de condições meteorológicas adversas, através da interpretação de mapas de pressão de reanálises NCEP disponibilizados pelo Meteociel (<http://www.meteociel.fr/>).

A componente astronómica da maré (amplitude e fase dos constituintes de maré) foi determinada através da realização de análise harmónica às séries temporais de elevação da superfície livre, recorrendo à subrotina de *Matlab t_tide* (Pawlowicz et al., 2002). Este procedimento foi efetuado às séries de elevação mensais, assim como às séries temporais de elevação medidas para o período total monitorizado, obtendo-se as constantes harmónicas para cada mês e para a totalidade do período em análise. De seguida procedeu-se à análise dos constituintes semidiurnos (M_2 e S_2), diurnos (K_1 e O_1) e de águas pouco profundas (M_4).

3.2.2.2 Metodologia de análise - Alterações de maré entre 2019 e 2022

Os registos maregráficos de julho e agosto de 2022 foram comparados com os registos dos mesmos meses de 2019 a fim de caracterizar as variações do nível do mar ocorridas entre 2019 e 2022 nas 9 estações de amostragem em estudo. Inicialmente, quantificaram-se os níveis máximos e mínimos nos meses de julho e agosto 2019 e determinou-se a diferença entre os níveis obtidos em 2022 e 2019. Seguidamente efetuou-se análise harmónica às séries temporais de julho, agosto e total de 2022 e compararam-se as constantes harmónicas obtidas nos diferentes anos. Por último, analisou-se a cronologia das dragagens efetuadas e as variações batimétricas na envolverência dos locais de amostragem que experienciaram as maiores variações nas características da maré, visando avaliar a possível influência das dragagens nas alterações encontradas.

3.2.2.3 Metodologia de análise - Alterações de maré entre 1987/88 e 2022

Visando avaliar as alterações nas características da maré na Ria de Aveiro entre 1987/88 e 2022 analisou-se a evolução temporal da amplitude e fase dos constituintes de maré mais importantes nas 9 estações de amostragem. Para o efeito usaram-se dados de elevação corresponde aos levantamentos IH 1987/88, UA 2002/04, APA 2012/17 e MONITAR 2019/22. Efetuou-se análise harmónica aos registos de elevação da superfície do mar e analisou-se a evolução temporal da amplitude e fase dos constituintes semidiurnos (M_2 e S_2), diurnos (O_1 e K_1), e de águas pouco profundas (M_4). No caso dos levantamentos APA

2012/17 e MONITAR 2019/22, como estes monitorizaram em contínuo o nível de maré entre 2012 e 2017 e entre 2019 e 2022, respetivamente, optou-se por efetuar a análise harmónica a cada uma das séries anuais de elevação.

3.3 RELAÇÃO DAS ATIVIDADES CONSTRUTIVAS OU FATORES EXÓGENOS DO PROJETO COM OS LOCAIS DE AMOSTRAGEM

A velocidade da corrente é uma grandeza vetorial dependente da geomorfologia do local de monitorização. Ou seja, pequenas alterações na cota de profundidade ou na geometria do local de monitorização podem provocar alterações significativas na intensidade e direção da corrente, uma vez que, quanto maior (menor) for a profundidade ou a largura do canal, menor (maior) será a intensidade da corrente. A direção muda consoante muda a orientação de um canal específico de navegação.

As variações do nível do mar de curto prazo resultam de forçamentos de origem astronómica e meteorológica. À medida que a maré se propaga para o interior da laguna a profundidade diminui e os canais ficam mais estreitos, conduzindo ao aumento do atrito de fundo e conseqüente diminuição da amplitude de maré e aumento da fase.

Na Tabela 5 são apresentados os registos dos trabalhos de dragagem ocorridos no âmbito do Projeto Intervenção de Transposição de Sedimentos para Otimização do Equilíbrio Hidrodinâmico na Ria de Aveiro indicando a cota de dragagem, o pk inicial e final, a data inicial e final e o volume dragado para os canais intervencionados.

Tabela 5 - Registos dos trabalhos de dragagem ocorridos no âmbito do Projeto Intervenção de Transposição de Sedimentos para Otimização do Equilíbrio Hidrodinâmico na Ria de Aveiro.

Troço	Canal	Designação	Cota de dragagem (mZH)	Dragagem				Volume dragado (m³)
				PK inicial	PK final	Data de início	Data de fim	
1 - CANAL DE OVAR ATÉ AO CARREGAL:								
1.1.A	Carregal	Da ponte da Varela ao Carregal	-0,5	9 410,92	14 217,00	22/11/2019	11/09/2020	89 232,50
1.1.B	Carregal	Da ponte da Varela ao Carregal	-0,5	6 077,04	9 410,92			16 303,13
1.4.A	Torreira	Acesso ao cais da Bestida	-0,5	973,50	1 953,40	23/09/2019	28/10/2019	17 214,58
1.4.B	Torreira	Acesso ao cais da Bestida	-0,5	0,00	973,50	14/06/2019	23/09/2019	44 731,48
1.5	Torreira	Acesso à marina da Torreira	-1,0	0,00	353,77	04/08/2020	26/05/2021	22 909,00
1.6	Torreira	Acesso ao porto de abrigo da Torreira	-1,0			27/11/2020		8 209,00
2 - CANAL DE OVAR ATÉ AO PARDILHÓ:								
2.A	Ovar	Da Ponte da Varela ao Esteiro da Tijosa	-0,5	0,00	2 155,27	22/04/2021	03/09/2021	1 850,00
2.B	Ovar	Da Ponte da Varela ao Esteiro da Tijosa	-0,5	2 155,27	3 155,00	07/08/2020	21/08/2020	1 637,00
2.1.A(1)	Ovar	Esteiro até ao cais da Tijosa	0,5	725,00	900,00	06/05/2020	25/05/2020	1 377,27
	Ovar	Acesso aos cais do canal de Ovar:	0,5	900,00	1 300,59			
2.1.A(2)	Ovar	Acesso ao cais da Tijosa	0,5	0,00	125,00	11/05/2020	01/06/2020	2 015,63
2.1.B	Ovar	Acesso ao cais da Ribeira	0,5	0,00	2 647,05	25/05/2020	11/11/2020	28 439,72
2.2.A	Ovar	Acesso ao cais do Puchadouro	0,5	0,00	552,04	11/03/2021	05/04/2021	7 268,00
2.2.B	Ovar	Acesso ao cais do Puchadouro	0,5	552,04	2 105,43	05/04/2021	12/05/2021	21 183,00
2.2.C	Ovar	Acesso ao cais do Puchadouro	0,5	2 105,43	3 051,37	04/05/2020	21/07/2020	6 774,00
2.5	Ovar	Acesso ao cais das Bulhas	0,5	0,00	2 097,59	21/08/2020	24/09/2020	16 320,00
2.6	Ovar	Acesso ao cais da Ribeira da Aldeia	0,5	0,00	1 580,08	06/10/2020	21/01/2021	7 897,49
2.7.A	Ovar	Acesso ao cais das Teixugueiras	0,5	0,00	1 669,80	14/02/2020	31/07/2020	133,43
2.7.B	Ovar	Acesso ao cais das Teixugueiras	0,5	1 669,80	2 975,20			2 956,40
2.8.A	Ovar	Acesso ao cais da Boca da Marinha	0,5	0,00	835,37	21/02/2020	17/03/2020	18,00
2.8.B	Ovar	Acesso ao cais da Boca da Marinha	0,5	835,37	1 279,53			4 110,00
3 - CANAL DA MURTOSA ATÉ AO CHEGADO:								
3.A	Murtosa	Do Bico do Muranzel ao Esteiro da Cambeia	-0,5	0,00	844,41	26/01/2021	17/03/2021	9 994,00
3.B	Murtosa	Do Bico do Muranzel ao Esteiro da Cambeia	-0,5	844,41	2 746,07	07/10/2019	26/11/2021	115 735,00
3.C	Murtosa	Do Bico do Muranzel ao Esteiro da Cambeia	-0,5	3 750,00	3 975,00	01/02/2021	11/02/2021	3 722,00
3.D	Murtosa	Do Bico do Muranzel ao Esteiro da Cambeia						0,00
3.1	Murtosa	Acesso ao cais de Pardelhas	0,5	0,00	1 500,00	24/11/2020	04/01/2021	8 355,40
3.2	Murtosa	Acesso ao cais da Cambeia	0,5	450,00	1 103,08	11/11/2020	05/12/2020	2 819,54
3.3	Murtosa	Acesso ao cais do Bico	-0,5	N/A	N/A	08/02/2021	19/03/2021	5 440,00
3.4	Murtosa	Acesso ao cais da Cova do Chegado	-0,5	N/A	N/A	12/10/2020	04/11/2020	11 427,00
4 - CANAL DE MIRA:								

Troço	Canal	Designação	Dragagem					Volume dragado (m³)
			Cota de dragagem (mZH)	PK inicial	PK final	Data de início	Data de fim	
4.1.A	Mira	Da ponte da Barra à conduta AdCL (ex-SIMRIA)	-1,0	0,00	1 849,87	04/08/2020	12/10/2020	42 889,00
4.1.B	Mira	Da ponte da Barra à conduta AdCL (ex-SIMRIA)	-1,0	1 849,87	3 050,98	24/02/2020	26/01/2021	
4.2.A	Mira	Da conduta AdCL (ex-SIMRIA) à ponte da Vagueira	-0,5	3 150,00	4 179,29	18/11/2019	30/08/2021	123 814,00
4.2.B	Mira	Da conduta AdCL (ex-SIMRIA) à ponte da Vagueira	-0,5	4 179,29	7 933,77	20/11/2020	30/08/2021	
4.3.A(1)	Mira	Da ponte da Vagueira à Praia do Labrego	0,5	7 933,77	9 528,62	20/04/2021	28/05/2021	51 549,69
4.3.A(2)	Mira	Da Praia do Labrego à ponte do Areão	1,0	9 528,62	11 174,35	28/05/2021	06/10/2021	
4.3.B	Mira	Da Praia do Labrego à ponte do Areão	1,0	11 174,35	12 497,46	09/06/2021	30/08/2021	
4.3.C	Mira	Da Praia do Labrego à ponte do Areão	1,0	12 497,46	13 033,63	14/07/2021	09/08/2021	
4.4	Mira	Ligação ao Porto de Recreio da ANGE/Gaf. Encarn.	-1,0	0,00	667,11	07/07/2020	13/11/2020	44 478,50
4.5	Mira	Ligação ao Porto de Recreio do CVCN/Costa Nova	-1,0	N/A	N/A	18/04/2020	15/01/2021	28 577,95
4.6	Mira	Ligação ao Porto de Abrigo da Costa Nova	-1,0	N/A	N/A	23/04/2020	19/05/2020	13 956,00
5 - CANAL DE ÍLHAVO:								
5.1.A	Ílhavo	Da ponte da A25 à Ponte de Ílhavo	-0,5	0,00	1 495,84	23/09/2019	09/10/2019	1 584,11
5.1.B	Ílhavo	Da ponte da A25 à Ponte de Ílhavo	-0,5	1 495,84	2 875,00	10/07/2019	23/09/2019	7 794,00
5.2.A	Ílhavo	Da ponte de Ílhavo ao achados arqueológicos	-0,5	2 988,49	4 450,00	26/10/2020	06/04/2021	12 788,00
5.2.A	Ílhavo	Zona dos achados arqueológicos	-0,5	4 550,00	4 889,55			9 161,00
5.2.B	Ílhavo	Da ponte de Ílhavo à ponte da Vista Alegre	-0,5	4 889,55	5 393,22	18/11/2020	10/12/2021	7 320,28
5.3.I	Ílhavo	Da ponte da Vista Alegre à ponte da Água Fria	-0,5	6 250,00	7 050,00	04/06/2020	12/08/2020	5 747,60
5.4.A	Ílhavo	Da ponte da Água Fria à ponte da Fareja	0,0	7 150,00	10 225,00	18/10/2019	10/10/2020	57 699,00
5.4.B	Ílhavo	Da ponte da Fareja ao cais dos Moliceiros	0,0	10 235,03	11 587,92	14/10/2021	29/11/2021	18 153,85
5.5	Ílhavo	Acesso ao cais da Gafanha d'Áquem	0,5	0,00	282,28	13/08/2019	19/08/2019	512,60
5.6	Ílhavo	Acesso ao cais da Malhada	0,5	0,00	482,18	27/08/2019	16/02/2022	4 895,00
5.7	Ílhavo	Acesso ao cais junto ao restaurante Palheiro	0,5	0,00	107,89	11/05/2020	01/06/2020	1 154,00
6 - CANAIS DO LAGO DO PARAÍSO:								
6.1.A	Ílhavo	Canais do Lago do Paraíso (ramo norte)	0,5	1 125,00	2 211,82	08/11/2021	06/04/2022	346,10
6.1.B	Ílhavo	Canais do Lago do Paraíso (ramo norte)	0,5	2 211,82	2 838,39	06/09/2021	26/04/2022	2 121,00
6.2.A	Ílhavo	Canais do Lago do Paraíso (ramo sul)	0,5	0,00	840,07	12/07/2021	26/04/2022	10 660,90
6.2.B	Ílhavo	Canais do Lago do Paraíso (ramo sul)	0,5	840,07	1 291,16	11/03/2022	24/03/2022	
7 - CANAIS DA ZONA CENTRAL DA RIA:								
7.1	Cales	Carreira de Aveiro/Cale do Parrachil/Cale do Espinheiro (jusante)	-0,5	7 375,00	8 557,82	20/12/2021	02/03/2022	10 404,00
7.2	Cales	Cale do Espinheiro (montante) até ao Rio Novo do Príncipe	-0,5	0,00	2 304,54	09/12/2021	12/01/2022	3 025,00
7.3.C	Cales	Cale de Bulhões até ao canal da Cidade	-0,5	3 978,22	5 600,00	15/09/2021	30/11/2021	14 601,00
7.5.A	Cales	Esteiro dos Frades / Ilha dos Puxadoiros	0,0	0,00	1 466,95	04/01/2022	31/01/2022	7 098,08
7.5.B	Cales	Esteiro dos Frades / Ilha dos Puxadoiros	0,0	1 466,95	2 810,00	13/01/2022	30/03/2022	11 165,66
7.5.C	Cales	Esteiro dos Frades / Ilha dos Puxadoiros	0,0	2 810,00	3 794,60	24/02/2022	27/05/2022	11 771,65

4 ANÁLISE DOS RESULTADOS DA MONITORIZAÇÃO DA HIDROLOGIA / HIDRODINÂMICA

Como referido a velocidade da corrente é uma grandeza vetorial dependente da geomorfologia do local de monitorização. Ou seja, pequenas alterações na cota de profundidade ou na geometria do local de monitorização podem provocar alterações significativas na intensidade e direção da corrente, uma vez que, quanto maior (menor) for a profundidade ou a largura do canal, menor (maior) será a intensidade da corrente. A direção muda consoante muda a orientação de um canal específico de navegação. Este facto, adicionado a possíveis mudanças na direção predominante do escoamento de maré em alguns dos canais de navegação da Ria de Aveiro, levam a que neste relatório apenas sejam efetuadas as comparações entre dados de 2022 e de 2019 relativas à intensidade da corrente, de forma a estabelecer o estado atual (pós-dragagem) na Ria de Aveiro.

As variações do nível do mar de curto prazo resultam de forçamentos de origem astronómica e meteorológica.

A maré astronómica traduz-se em oscilações periódicas da superfície livre do mar motivadas pela força de atração da Lua e do Sol sobre as partículas de água. À medida que a maré astronómica se propaga em águas pouco profundas esta é alterada e deformada pela geometria da costa e por variações de profundidade, que se traduzem na alteração da amplitude e fase, mas também no aparecimento de constituintes de águas poucos profundas. Na costa noroeste de Portugal, a maré astronómica é semidiurna com uma ligeira desigualdade diurna. Esta onda tem um período médio de 12h e 25 min e por isso ocorrem diariamente duas Preia-Mares (PM) e duas Baixa-Mares (BM).

A maré meteorológica é definida como uma sobre-elevação do nível do mar causada por efeitos meteorológicos (vento, pressão atmosférica). Tipicamente na costa Oeste de Portugal ocorrem sobre-elevações de origem meteorológica (aumento anormal do nível do mar) quando se localizam baixas pressões a Norte/Noroeste ou altas pressões a Sul/Sudoeste de Portugal, associadas a ventos fortes de Sul.

Os resultados obtidos nas monitorizações da hidrologia / hidrodinâmica são, nos pontos seguintes, analisados para os diferentes locais de medição e separados pelas variáveis: intensidade da corrente e nível de maré.

4.1 ANÁLISE DOS RESULTADOS OBTIDOS PARA A INTENSIDADE DA CORRENTE

Os dados medidos no âmbito do PM (caracterização da fase de pós-dragagem – Agosto a Setembro de 2022) são comparados com dados de intensidade amostrados em 2019. Os períodos na fase de pós-dragagem – Agosto e Setembro de 2022 (Monitar 2022) estão resumidos na Tabela 6.

Conforme já referido, pequenas alterações na cota de profundidade ou na geometria do local de monitorização podem provocar alterações significativas na intensidade e direção da corrente, considerando que quanto maior (menor) for a profundidade ou a largura do canal, menor (maior) será a intensidade da corrente. A direção da corrente depende da orientação de um canal específico de navegação. Este facto, adicionado a possíveis mudanças na direção predominante do escoamento de maré em alguns dos canais de navegação da Ria de Aveiro, levam a que neste relatório apenas sejam efetuadas as comparações entre dados de 2022 e de 2019 relativas à intensidade da corrente, de forma a estabelecer o estado pós-dragagens na Ria de Aveiro.

Tabela 6 – Períodos de monitorização das medições da intensidade da corrente realizadas em 2022 (pós-dragagem) – Agosto a Setembro de 2022 (Monitar 2022).

LOCAL DE MEDIÇÃO	MONITAR 2022
Varela	30/08/2022 09:23:18 30/08/2022 21:33:18
Torreira (Moranzel)	01/09/2022 11:33:00 02/09/2022 10:23:00
Parrachil (Rio Novo)	25/08/2022 18:47:28 26/08/2022 18:37:28
Costa Nova	26/08/2022 19:02:28 27/08/2022 19:12:28
Vagueira	24/08/2022 17:13:25 25/08/2022 17:23:25
Vista Alegre	23/08/2022 11:00:44 24/08/2022 14:05:44
Cais da Pedra	10/09/2022 13:52:00 11/09/2022 13:57:00

Na Figura 7 são representados os períodos de monitorização ao longo da curva de elevação da superfície livre da água para a embocadura da Ria de Aveiro, para 2019 e 2022. Na monitorização de 2019 não se notam diferenças significativas na fase de maré, tendo as medições sido efetuadas entre amplitudes mínimas e máximas de 1,6 m e 2,3 m, respetivamente. A monitorização de 2022 foi realizada ao longo de períodos de maré viva a maré morta, tendo as medições sido efetuadas entre amplitudes mínimas e máximas semelhantes às de 2019, de 1,8 m e 2,3 m, respetivamente. As amostragens de 2019 foram realizadas ao longo de dois ciclos de marés completos, exceto para o Cais da Pedra onde a monitorização foi mais longa. As amostragens de 2022 foram realizadas ao longo de dois ciclos de marés completos, exceto para a estação da Varela, onde o período de amostragem foi mais curto, cobrindo apenas um ciclo de maré completo.

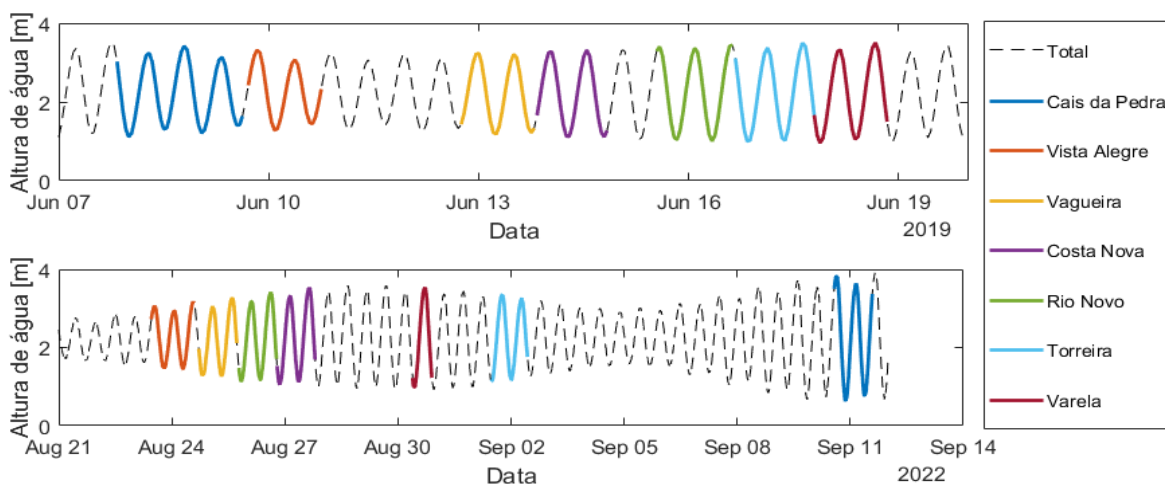


Figura 7 – Elevação da superfície livre da água observada para a embocadura da Ria de Aveiro, para os períodos de monitorização de 2019 (painel superior) e de 2022 (painel inferior). As diferentes cores representam cada um dos períodos locais de medição.

4.1.1 Análise estatística

Na Tabela 7 apresenta-se, para cada um dos locais de medição e períodos, a análise estatística dos valores da intensidade da corrente em valores médios e respetivo desvio, máximos e mínimos de intensidade da corrente para a amostragem efetuada em 2019 e 2022. Apresenta-se ainda a amplitude local de maré nas datas em que foi efetuada a medição da intensidade da corrente, assim como o quociente entre a intensidade máxima da corrente e a amplitude de maré local, para cada um dos períodos em estudo.

Tabela 7 – Resultados estatísticos para a intensidade da corrente em cada local de medição.

LOCAL DE MEDIÇÃO	ANO	INTENSIDADE MÉDIA (MS ⁻¹)	INTENSIDADE MÍNIMA (MS ⁻¹)	INTENSIDADE MÁXIMA (MS ⁻¹)	AMPLITUDE DE MARÉ (M)	QUOCIENTE VEL MAX/AMP (S ⁻¹)
Varela	2019	0,74 ± 0,28	0,09	1,20	2,3	0,52
	2022	0,68 ± 0,26	0,08	1,10	2,3	0,49
Moranzel (Torreira)	2019	0,62 ± 0,32	0,04	1,20	2,3	0,53
	2022	0,43 ± 0,30	0,03	1,04	2,1	0,5
Parrachil (Rio Novo)	2019	0,46 ± 0,18	0,04	0,72	2,2	0,33
	2022	0,48 ± 0,27	0,03	0,87	2,3	0,38
Costa Nova	2019	0,43 ± 0,22	0,04	0,83	2,0	0,42
	2022	0,31 ± 0,15	0,05	0,65	2,3	0,28

LOCAL DE MEDIÇÃO	ANO	INTENSIDADE MÉDIA (MS ⁻¹)	INTENSIDADE MÍNIMA (MS ⁻¹)	INTENSIDADE MÁXIMA (MS ⁻¹)	AMPLITUDE DE MARÉ (M)	QUOCIENTE VEL MAX/AMP (S ⁻¹)
Vagueira	2019	0,30 ± 0,18	0,02	0,67	1,9	0,35
	2022	0,38 ± 0,16	0,04	0,64	2,0	0,31
Vista Alegre	2019	0,40 ± 0,14	0,02	0,63	1,8	0,35
	2022	0,26 ± 0,08	0,04	0,41	1,8	0,22
Cais da Pedra	2019	0,15 ± 0,01	0,00	0,48	1,6	0,31
	2022	0,15 ± 0,06	0,04	0,29	1,8	0,16

A- Área central e Norte da Ria de Aveiro

Para esta região foi monitorizada a intensidade da corrente ao longo de um ciclo de maré para a localização correspondente ao local de medição Varela e dois ciclos de maré para localizações correspondentes aos locais de medição de Moranzel e Parrachil. Saliente-se que as medições foram realizadas em ciclos de maré com amplitude muito semelhantes nos dois períodos de amostragem.

No local de medição da Varela, apesar das medições terem sido efetuadas em situação de igual amplitude de maré, o valor médio da intensidade da corrente para 2022 é de $0,68 \pm 0,26 \text{ ms}^{-1}$, inferior em $0,06 \text{ ms}^{-1}$ em relação ao valor obtido em 2019. Os valores da intensidade mínima e máxima são $0,08 \text{ ms}^{-1}$ e $1,1 \text{ ms}^{-1}$, respetivamente, sendo que o valor máximo é inferior ao valor obtido em 2019 ($1,2 \text{ ms}^{-1}$), com uma diferença de cerca de $0,1 \text{ ms}^{-1}$, e o valor mínimo semelhante.

No local de medição do Moranzel, o valor médio da intensidade da corrente para 2022 é de $0,43 \pm 0,30 \text{ ms}^{-1}$, inferior em $0,19 \text{ ms}^{-1}$ em relação ao valor obtido em 2019, o que deve ser considerado expectável face à menor amplitude da maré no período de medição de 2022. Os valores de intensidade mínima e máxima são $0,03 \text{ ms}^{-1}$ e $1,04 \text{ ms}^{-1}$, sendo que o valor máximo é inferior $0,16 \text{ ms}^{-1}$, em relação ao medido em 2019.

Para o local de medição do Parrachil, a intensidade da corrente apresenta um valor médio para 2022 de $0,48 \pm 0,27 \text{ ms}^{-1}$, e valores máximo e mínimo de $0,87 \text{ ms}^{-1}$ e $0,03 \text{ ms}^{-1}$, respetivamente. Estes valores na intensidade da corrente representam um aumento de $0,02 \text{ ms}^{-1}$ e $0,15 \text{ ms}^{-1}$ em relação a 2019 nas intensidades média e máxima, respetivamente, o que seria expectável considerando a maior amplitude da maré durante as medições efetuadas em 2022.

Relativamente ao quociente entre a velocidade máxima e a amplitude de maré, verificam-se valores muito próximo entre os dois períodos de amostragem em cada uma das estações analisadas.

Nesta região da Ria de Aveiro, as intensidades máximas são registadas no canal de S. Jacinto/Ovar, verificando-se uma diferença de cerca de $0,2 \text{ ms}^{-1}$ em relação ao local de medição do Parrachil (Rio Novo), localizado na zona central da laguna, junto ao Canal do Espinheiro. A intensidade média em 2022 (ao longo dos ciclos de maré amostrados) é superior no local de medição da Varela, aumentando de sul para norte, cerca de $0,25 \text{ ms}^{-1}$. Salienta-se que a amplitude de maré em cada local de medição apresenta ligeiras diferenças relativamente a 2019 (exceto na Varela), pelo que seriam de esperar escoamentos com ligeiras diferenças na intensidade da corrente entre períodos de monitorização. De facto, verificam-se ligeiras diminuições em duas estações de monitorização (onde a amplitude da maré foi igual ou inferior) e um ligeiro aumento na terceira estação (onde a amplitude da maré foi maior em 2022). Desta forma, as pequenas diferenças determinadas entre 2022 e 2019 para a intensidade da corrente não evidenciam um impacto das operações de dragagem, podendo decorrer de alterações na amplitude da maré, de ligeiras diferenças no local de monitorização ou de ligeiras modificações na geomorfologia das zonas a montante ou jusante dos pontos de amostragem.

B- Canal de Mira

Para esta região foi monitorizada a intensidade da corrente ao longo de dois ciclos de maré para localizações correspondentes aos locais de medição da Costa Nova e da Vagueira. Saliente-se que as medições foram realizadas em ciclos de maré com maior amplitude nas amostragem de 2022.

No local de medição da Costa Nova, o valor médio da intensidade da corrente para 2022 é de $0,31 \pm 0,15 \text{ ms}^{-1}$, valor menor cerca de $0,12 \text{ ms}^{-1}$ em relação ao obtido em 2019, apesar das medições terem sido efetuadas em 2022 numa maré de maior amplitude. Os valores da intensidade mínima e máxima são de $0,05$ e $0,65 \text{ ms}^{-1}$. A intensidade mínima em 2022 é mais elevada $0,01 \text{ ms}^{-1}$ em relação ao valor de 2019, sendo que a intensidade máxima é menor $0,18 \text{ ms}^{-1}$ em relação ao valor obtido em 2019.

No local de medição da Vagueira, o valor médio da intensidade da corrente para 2022 é de $0,38 \pm 0,16 \text{ ms}^{-1}$, valor mais elevado $0,08 \text{ ms}^{-1}$ em relação ao obtido em 2019, o que seria expectável considerando que as medições foram efetuadas mediante condições de maior amplitude de maré. Os valores mínimos e máximos são de $0,04$ e $0,64 \text{ ms}^{-1}$, respetivamente, sendo que o valor máximo em 2022 é menor $0,03 \text{ ms}^{-1}$ em relação ao valor para 2019.

Relativamente ao quociente entre a velocidade máxima e a amplitude de maré, verifica-se valores muito próximo entre os dois períodos de amostragem na Vagueira, e uma diminuição considerável na Costa Nova.

Os resultados obtidos nos locais de medição do Canal de Mira, mostram que as intensidades máximas são semelhantes no local de medição da Costa Nova em relação à estação da Vagueira (diferença de $0,01 \text{ ms}^{-1}$

¹⁾ em 2022 ao contrário do que acontecia em 2019 onde eram superiores na Costa Nova, tendo-se verificado uma diferença entre a intensidade máxima entre estes dois locais de $0,14 \text{ ms}^{-1}$. Houve uma diminuição (Costa Nova) e aumento (Vagueira) da intensidade média entre a monitorização de 2019 e 2022 de $0,12 \text{ ms}^{-1}$ e $0,08 \text{ ms}^{-1}$, respetivamente. Salienta-se que na Costa Nova o quociente entre a velocidade máxima e a amplitude de maré foi inferior em 2022. Desta forma, entende-se que as alterações identificadas na estação da Costa Nova podem decorrer da operação de dragagens, que terá conduzido ao aprofundamento dos canais envolventes ao local de monitorização e consequentemente à diminuição da intensidade do escoamento.

C- Canal de Ílhavo

Para esta região foi monitorizada a intensidade da corrente ao longo de dois ciclos de maré para as localizações correspondentes aos locais de medição da Vista Alegre Cais da Pedra. Saliente-se que as medições em 2022 foram realizadas em ciclos de maré de igual amplitude na estação Vista Alegre e de maior amplitude na estação Cais da Pedra.

No local de medição da Vista Alegre, o valor médio da intensidade da corrente para 2022 é de $0,26 \pm 0,08 \text{ ms}^{-1}$, valor menor $0,14 \text{ ms}^{-1}$ em relação ao calculado em 2019, quando seria expectável um valor semelhante considerando a igual amplitude de maré nos dois períodos de monitorização. Os valores da intensidade mínima e máxima são de $0,04$ e $0,41 \text{ ms}^{-1}$, o que representa um decréscimo da intensidade máxima neste local de medição de $0,22 \text{ ms}^{-1}$ em relação a 2019.

No local de medição do Cais da Pedra, o valor médio da intensidade da corrente para 2022 é de $0,15 \pm 0,06 \text{ ms}^{-1}$, valor igual ao calculado em 2019, quando seria expectável um ligeiro aumento decorrente das medições terem sido efetuadas em 2022 numa maré de maior amplitude. Os valores da intensidade mínima e máxima são de $0,04$ e $0,29 \text{ ms}^{-1}$, sendo que a intensidade máxima teve um decréscimo de $0,19 \text{ ms}^{-1}$ em relação à monitorização de 2019. Saliente-se novamente que a amplitude de maré foi igual na Vista Alegre e ligeiramente superior ($0,2 \text{ m}$) no Cais da Pedra em relação a 2019, pelo que em 2022 seria de esperar um escoamento semelhante no primeiro caso e de maior intensidade no segundo caso.

Relativamente ao quociente entre a velocidade máxima e a amplitude de maré, verifica-se uma diminuição considerável nas duas estações monitorizadas de 2019 para 2022.

Os resultados obtidos nos locais de medição localizados no Canal de Ílhavo, mostram que as intensidades médias e máximas são mais elevadas na Vista Alegre do que no Cais da Pedra, representando um acréscimo no sentido Sul-Norte de $0,09 \text{ ms}^{-1}$ para a intensidade média e $0,12 \text{ ms}^{-1}$ para a intensidade máxima.

Da análise efetuada, entende-se que as alterações identificadas nas duas estações, com velocidades inferiores ao expectável comparativamente a 2019 podem decorrer da operação de dragagens, que terá

conduzido ao aprofundamento dos canais envolventes ao local de monitorização e conseqüentemente à diminuição da intensidade do escoamento.

D- Diferenças por área e por período de monitorização na Ria de Aveiro

Os resultados da campanha de monitorização realizada em 2022 revelam que no geral as intensidades médias foram inferiores na generalidade das estações de amostragem, exceto na estação do Parrachil (Rio Novo), localizada no Canal do Espinheiro) e na estação da Vagueira, localizada no Canal de Mira. Estes aumentos foram de $0,02 \text{ ms}^{-1}$ e $0,08 \text{ ms}^{-1}$, respetivamente. As intensidades no Canal de Mira foram mais elevadas que no Canal de Ílhavo. Este padrão das intensidades não parece ter relação com a amplitude de maré ao longo da laguna, podendo ser relacionado com intervenções de dragagens em localizações a montante ou jusante dos pontos de amostragem.

No geral, a análise comparativa dos resultados das campanhas de monitorização de 2022 e de 2019 revela uma diminuição da intensidade da corrente na área Ria de Aveiro.

4.1.2 Análise das curvas da intensidade da corrente

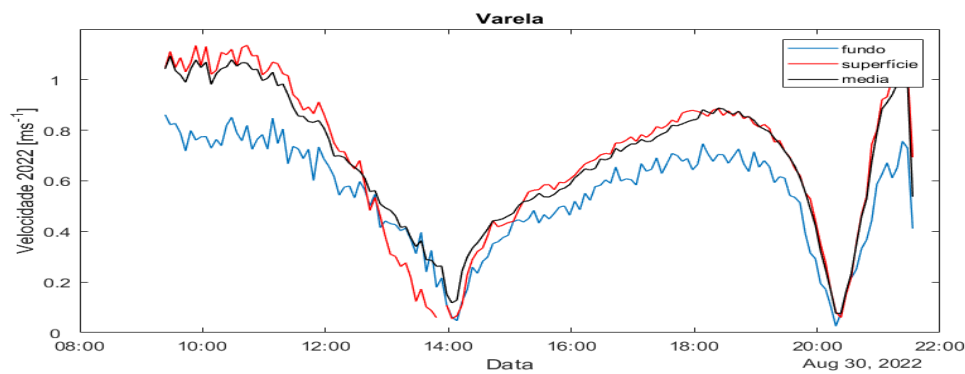
Os resultados da intensidade da corrente obtidos em 2022 foram representados graficamente, mostrando as intensidades à superfície e junto ao fundo, bem como a intensidade média ao longo de cada período de amostragem. Posteriormente efetuou-se uma comparação das intensidades médias da corrente medida em 2022 com os valores obtidos em 2019, para cada local de medição.

A - Local de medição – Varela (2022)

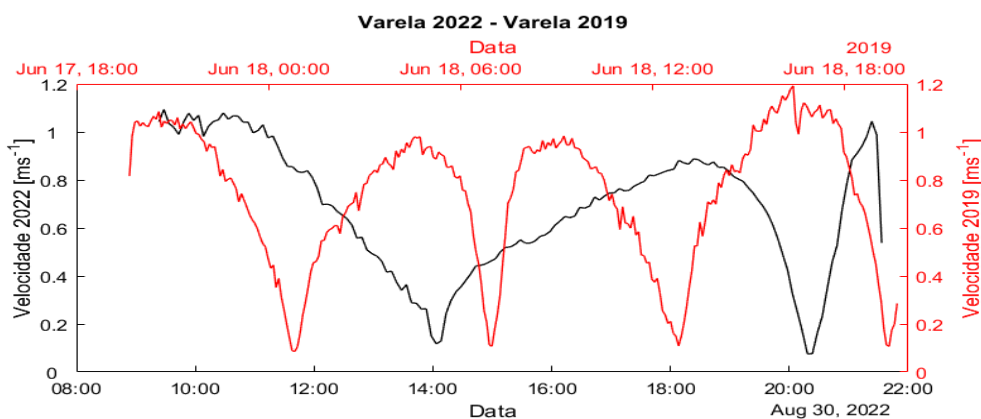
Na Figura 8 apresentam-se os resultados para o local de medição localizado na Varela. Os valores médios na coluna de água da intensidade da corrente (linha a preto) mostram padrão e variabilidade similares à dos valores medidos à superfície (linha a vermelho) e junto ao fundo (linha azul). O valor médio na coluna de água tem valores absolutos muito próximos dos medidos à superfície, apresentando os valores medidos junto ao fundo, uma diminuição significativa da intensidade da corrente. Apesar desta diferença, e por motivos de coerência metodológica, manteve-se a opção de utilização da curva média na coluna de água nas comparações e análise da intensidade da corrente. Neste caso, o escoamento de maré não é uniforme ao longo da coluna de água, apresentando uma redução significativa da intensidade da corrente junto ao fundo.

A intensidade da corrente varia com uma periodicidade de cerca de 6 horas, o que corresponde a metade do período de variação da altura de água (periodicidade semidiurna), uma vez que a intensidade atinge valores próximos de zero nos estofos de marés, correspondentes às horas de baixa-mar e de preia-mar. A amplitude da intensidade média na coluna de água para a monitorização de 2022 é de $1,20 \text{ ms}^{-1}$, o que corresponde à diferença entre os valores máximos e mínimos locais resumidos na Tabela 7. A intensidade média ao longo dos dois ciclos de maré é de $0,68 \pm 0,26 \text{ ms}^{-1}$.

Comparando com os valores de intensidade da corrente medidos em 2019, verifica-se que os valores de 2022 são ligeiramente inferiores (cerca de $0,06 \text{ ms}^{-1}$). Este facto, pode ser devido ao facto de a amplitude da maré ser a mesma que em 2019, não produzindo diferenças significativas na intensidade local da corrente. Neste local de medição não se verifica um padrão evidente que diferencie as correntes de enchente das correntes de vazante, pelo que não é possível inferir a existência de assimetria local de maré.



(a)



(b)

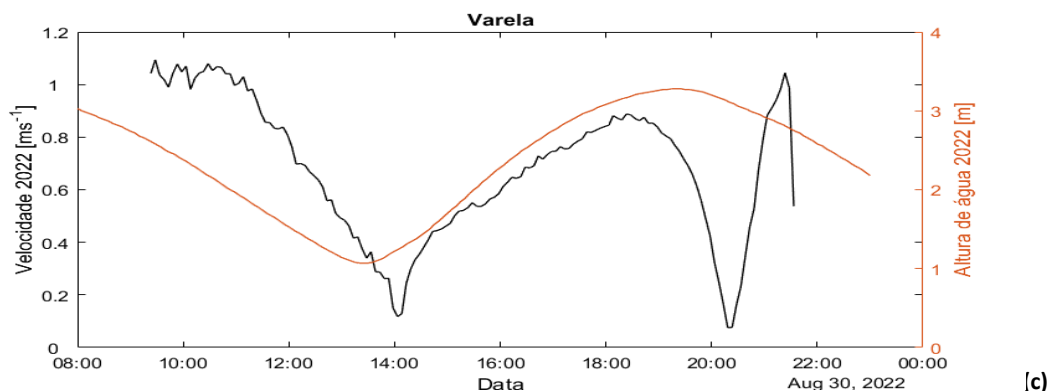


Figura 8 – a) Comparação entre a intensidade da corrente à superfície, fundo e média na coluna de água para o local de medição localizado na Varela; b) Comparação entre as curvas de intensidade para 2022 (a preto) e 2019 (a vermelho) e c) Comparação entre a intensidade da corrente e nível de água local.

B - Local de medição – Moranzel (2022)

Na Figura 9 apresentam-se os resultados para o local de medição localizado no Moranzel. Os valores da intensidade média da corrente (linha a preto) mostram padrão e variabilidade similares junto à superfície e fundo e também na variação da intensidade média, mas com menores valores da intensidade da corrente junto ao fundo (ligeira diferença). A periodicidade dominante é similar à descrita para o local de medição da Varela, com um valor máximo da intensidade média na coluna de água de $1,16 \text{ ms}^{-1}$, o que corresponde à diferença entre os valores máximos e mínimos locais resumidos na Tabela 7. A intensidade média ao longo dos dois ciclos de maré é de $0,43 \pm 0,30 \text{ ms}^{-1}$. A comparação com os dados de 2019 revela que a intensidade da corrente em 2022 é ligeiramente inferior (valor máximo de $1,2 \text{ ms}^{-1}$ em 2019 e $1,04 \text{ ms}^{-1}$ em 2022). Esta ligeira diferença pode ser devida ao facto de a amplitude de maré ser apenas 0,2 m menor em 2022, o que induz escoamentos de maré menos intensos. Não existem diferenças significativas entre as correntes de enchente e vazante, embora a vazante em 2022 seja um pouco mais longa, não sendo evidente nenhuma assimetria de maré neste local.

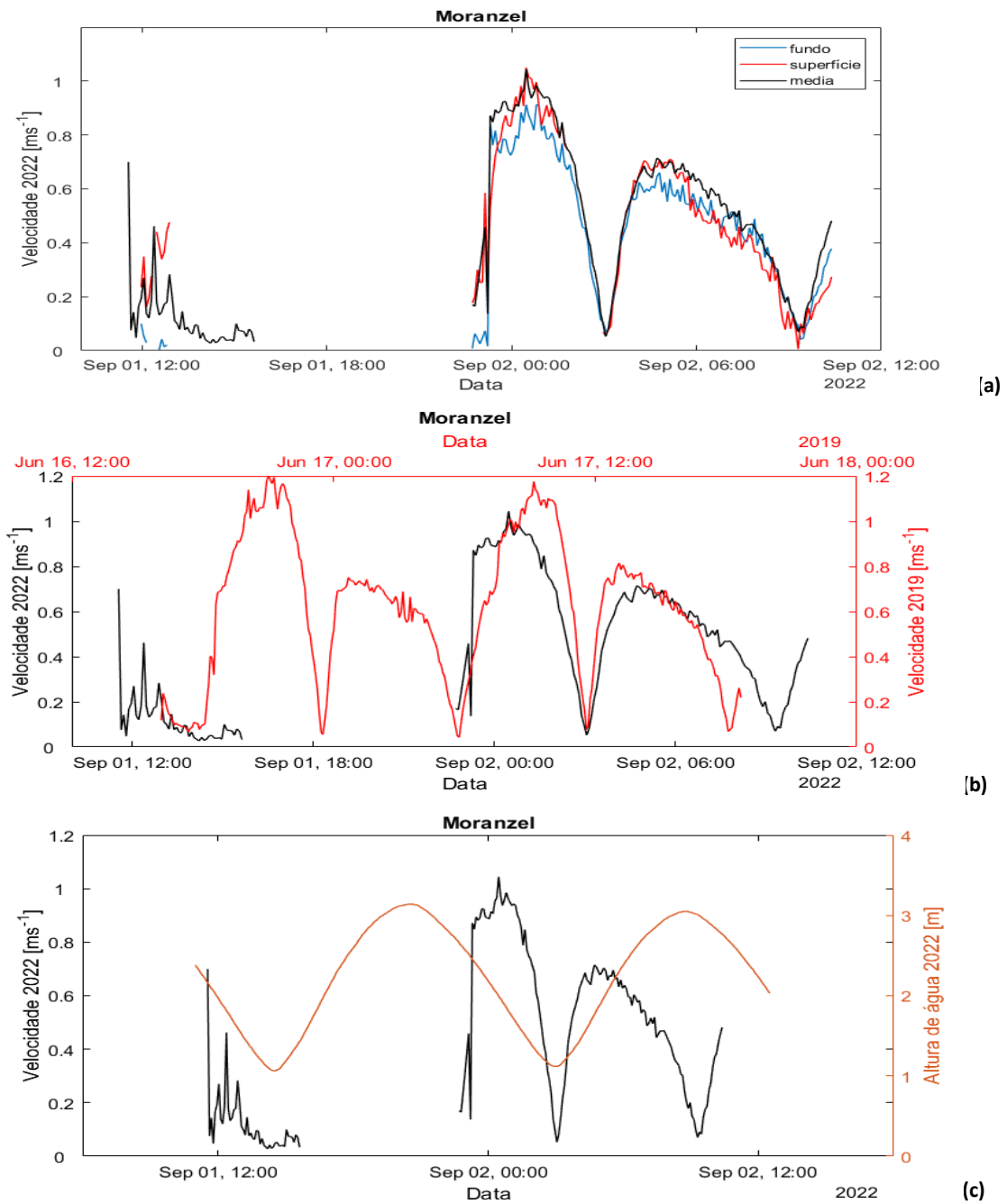


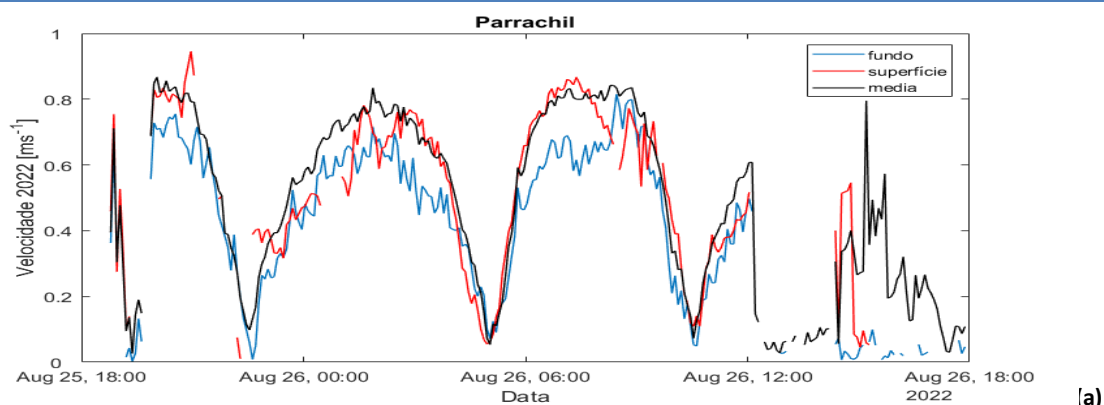
Figura 9 – a) Comparação entre a intensidade da corrente à superfície, fundo e média na coluna de água para o local de medição localizado no Moranzel; b) Comparação entre as curvas de intensidade para 2022 (a preto) e 2019 (a vermelho) e c) Comparação entre a intensidade da corrente e nível de água local.

C - Local de medição – Parrachil (2022)

A Figura 10 ilustra os resultados obtidos para o local de medição do Parrachil. Os valores médios na coluna de água da intensidade da corrente (linha a preto) mostram padrão e variabilidade similares à dos valores medidos à superfície (linha a vermelho) e junto ao fundo (linha azul), permitindo concluir que não existem diferenças significativas entre o valor médio e os valores medidos à superfície e junto ao fundo, o que revela uma coluna de água com um escoamento constante ao longo da vertical durante estes dois ciclos de maré.

A intensidade da corrente varia com um período de cerca de 6 horas, atingindo valores próximos de zero no estófo de maré, correspondentes às horas de baixa-mar e de preia-mar. Verifica-se ainda que as não são visíveis diferenças significativas na duração das correntes de enchente e de vazante não sendo possível visualizar uma assimetria local da maré. A amplitude da intensidade média da corrente na coluna de água é de $0,84 \text{ ms}^{-1}$, o que corresponde à diferença entre os valores máximos e mínimos locais resumidos na Tabela 7. A intensidade média ao longo dos dois ciclos de maré é de $0,48 \pm 0,27 \text{ ms}^{-1}$.

Comparando estes resultados com os valores de intensidade da corrente medidos em 2019, nota-se que a intensidade da corrente em 2022 é superior (cerca de $0,15 \text{ ms}^{-1}$ no valor da intensidade máxima), conforme apresentado na Tabela 7. Este aumento não pode ser apenas atribuído ao valor da amplitude de maré (ligeiramente superior em 2022), podendo estar relacionado com intervenções a jusante ou montante do local de amostragem e também com uma diferença no local exato de medição .



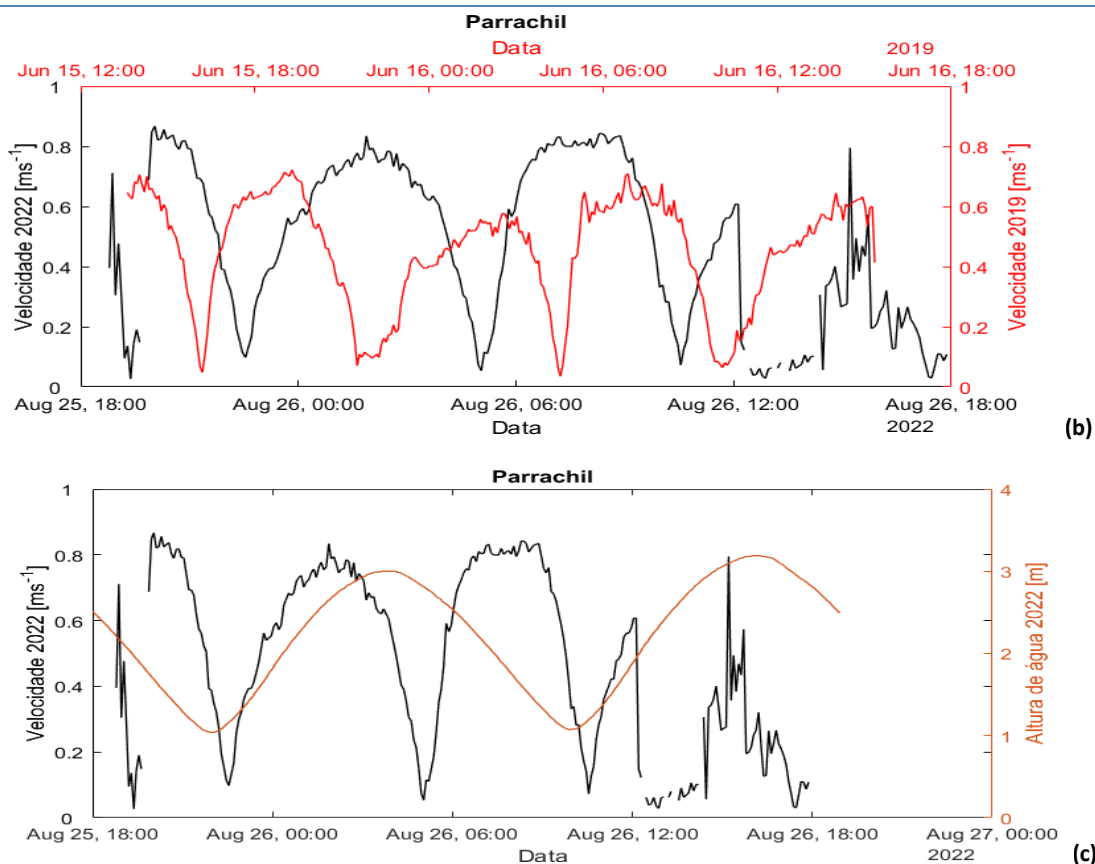


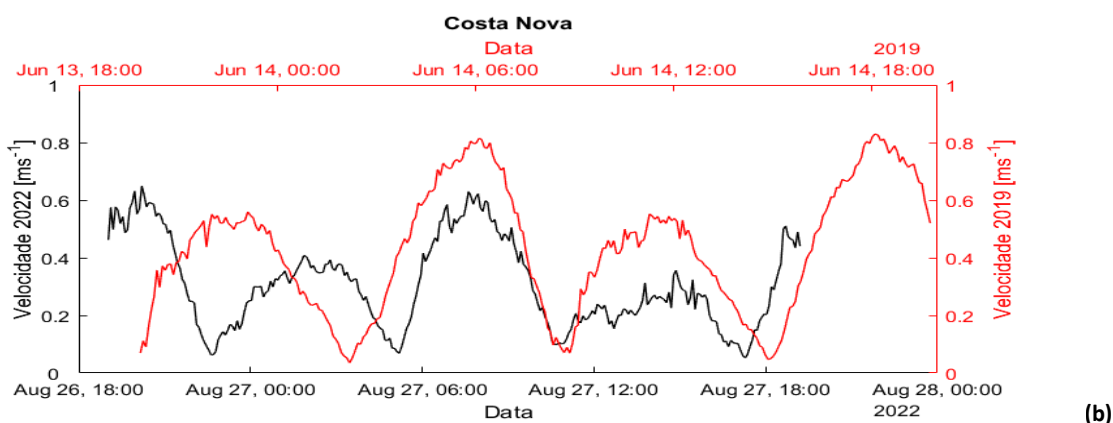
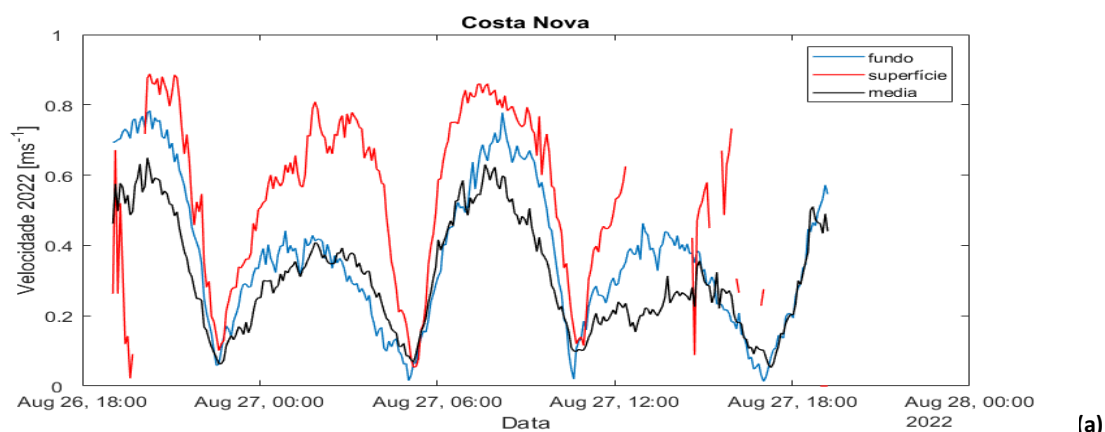
Figura 10 – a) Comparação entre a intensidade da corrente à superfície, fundo e média na coluna de água para o local de medição localizado no Parrachil; b) Comparação entre as curvas de intensidade para 2022 (a preto) e 2019 (a vermelho) e c) Comparação entre a intensidade da corrente e nível de água local.

D - Local de medição - Costa Nova (Clube de Vela da Costa Nova) (2022)

Na Figura 11 representam-se os resultados para o local de medição localizado na Costa Nova. Os valores médios na coluna de água da intensidade da corrente (linha a preto) mostram padrão e variabilidade similares à dos valores medidos junto à superfície (linha a vermelho) e junto ao fundo (linha azul). O valor médio na coluna de água tem valores absolutos muito próximos dos medidos junto ao fundo, apresentando algumas diferenças em relação aos valores superficiais. Apesar do mesmo padrão de variação, a velocidade apresenta um escoamento em camadas, ilustrando algumas diferenças em valores absolutos. Junto ao fundo é visível uma diminuição dos valores de intensidade. Apesar de algumas diferenças, a variabilidade temporal da intensidade é muito semelhante e a opção de utilizar a curva média na coluna de água para análise e comparação com os resultados de 2019 foi mantida por coerência metodológica.

Tal como nas locais de medição anteriores, a intensidade da corrente varia com um período de cerca de 6 horas, atingindo valores próximos de zero no estofe de maré, correspondendo às horas de baixa-mar e de preia-mar. A amplitude da intensidade média na coluna de água para a monitorização de 2022 é de $0,60 \text{ ms}^{-1}$, o que corresponde à diferença entre os valores máximos e mínimos locais resumidos na Tabela 7. A intensidade média ao longo dos dois ciclos de maré é de $0,31 \pm 0,15 \text{ ms}^{-1}$.

Comparando com os valores de intensidade da corrente medidos em 2019, verifica-se que os valores de 2022 são inferiores (cerca de $0,12 \text{ ms}^{-1}$ na intensidade média). Este facto, mais uma vez, não pode ser imputado a diferenças na amplitude de maré ($0,3 \text{ m}$ mais elevada em 2022), podendo ser relacionada com intervenções montante ou a jusante do local de amostragem. Mais uma vez, não se verifica uma diferença significativa entre a intensidade e duração das correntes de vazante e enchente, não sendo possível aferir a existência de uma assimetria local da maré.



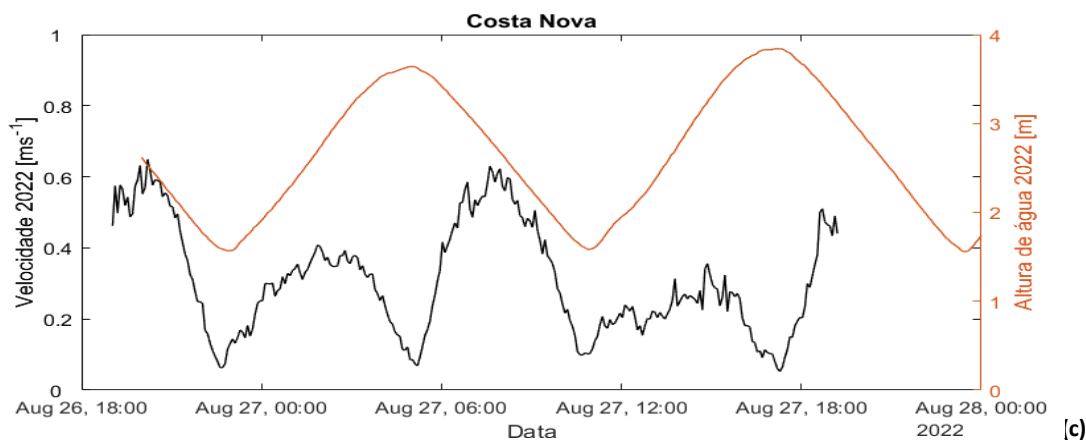


Figura 11 – a) Comparação entre a intensidade da corrente à superfície, fundo e média na coluna de água para o local de medição localizado na Costa Nova; b) Comparação entre as curvas de intensidade para 2022 (a preto) e 2019 (a vermelho) e c) Comparação entre a intensidade da corrente e nível de água local.

E - Local de medição – Vagueira (2022)

Os resultados para o local de medição da Vagueira (vide Figura 12) revelam que a intensidade média na coluna de água tem o mesmo padrão e variabilidade que os valores à superfície e junto ao fundo. As diferenças dos valores absolutos são relativamente pequenas, com valores menores junto ao fundo. O escoamento de maré é aproximadamente constante em profundidade. A variabilidade da intensidade da corrente neste local de medição apresenta um período de 6 horas (tal como nos restantes locais de medição).

A amplitude da intensidade média na coluna de água para a monitorização de 2022 é de $0,60 \text{ ms}^{-1}$, o que corresponde à diferença entre os valores máximos e mínimos locais resumidos na Tabela 7. A intensidade média ao longo dos dois ciclos de maré é de $0,38 \pm 0,16 \text{ ms}^{-1}$, e a intensidade máxima é de $0,64 \text{ ms}^{-1}$. Estes valores são semelhantes aos das estações já analisadas localizadas nos restantes canais principais da Ria de Aveiro, sendo um pouco mais elevados do que na Costa Nova (escoamento médio), traduzindo uma dinâmica semelhante à de 2019, podendo ser resultado das características geomorfológicas locais e a montante e jusante.

A comparação com os valores de intensidade da corrente medidos em 2019, revela que a intensidade da corrente em 2019 é ligeiramente inferior (cerca de $0,08 \text{ ms}^{-1}$). Verifica-se ainda que as correntes de vazante apresentam uma intensidade ligeiramente maior e menor duração do que as correntes de enchente, o que traduz uma ligeira assimetria local da maré, com dominância de enchente.

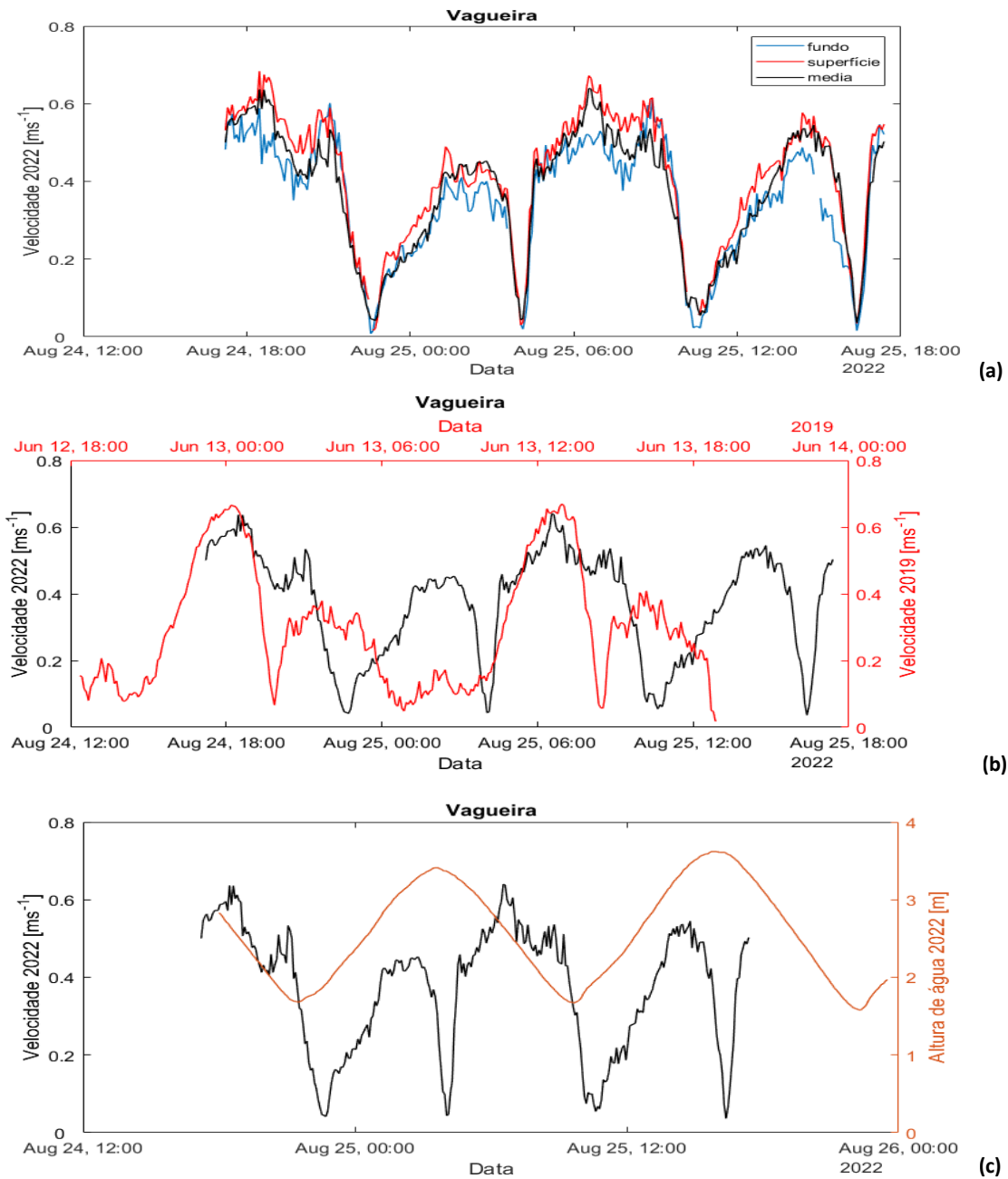


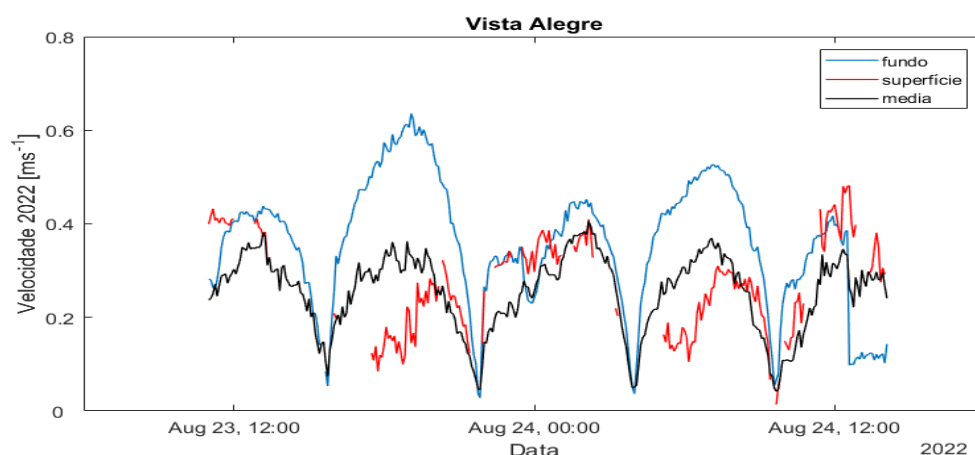
Figura 12 – a) Comparação entre a intensidade da corrente à superfície, fundo e média na coluna de água para o local de medição localizado na Vagueira; b) Comparação entre as curvas de intensidade para 2022 (a preto) e 2019 (a vermelho) e c) Comparação entre a intensidade da corrente e nível de água local.

F - Local de medição - Vista Alegre (2022)

Na Figura 13 representam-se os resultados para o local de medição localizado na Vista Alegre. Os valores médios na coluna de água da intensidade da corrente (linha a preto) mostram padrão e variabilidade similares aos valores medidos à superfície (linha a vermelho) e junto ao fundo (linha a azul). O valor médio na coluna de água tem valores muito próximos dos medidos à superfície, tendo uma diferença de cerca de $0,3 \text{ ms}^{-1}$ com os valores no fundo. Junto à superfície verifica-se uma perturbação nas medições que poderá resultar da célula junto à superfície poder corresponder a uma zona “fora de água”, o que pode explicar o ruído e falta de dados ilustrado na linha a vermelho. Esta situação pode ser resultado do facto de o local ter uma baixa profundidade. Apesar destas diferenças, e por motivos de coerência metodológica, manteve-se a opção de utilização da curva média na coluna de água nas comparações e análise da intensidade da corrente.

Tal como nos restantes locais de medição, referidos anteriormente, a intensidade da corrente varia com um período de cerca de 6 horas, atingindo valores próximos de zero no estofo de maré, correspondentes às horas de baixa-mar e de preia-mar. A amplitude da intensidade média na coluna de água para a monitorização de 2022 é de $0,37 \text{ ms}^{-1}$, o que corresponde à diferença entre os valores máximos e mínimos locais resumidos na Tabela 7. A intensidade média ao longo dos dois ciclos de maré é de $0,26 \pm 0,08 \text{ ms}^{-1}$.

Comparando com os valores de intensidade da corrente medidos em 2019, verifica-se que os valores de 2022 são inferiores (cerca de $0,14 \text{ ms}^{-1}$). Esta diminuição não é relacionável com a amplitude de maré, uma vez que as amplitudes são iguais, podendo ser relacionável com fatores locais, como o aumento da profundidade local. Neste local de medição verifica-se ainda que as correntes de enchente são ligeiramente menos intensas e de maior duração do que as correntes de vazante, o que traduz a assimetria local da maré, com dominância ligeira de vazante.



(a)

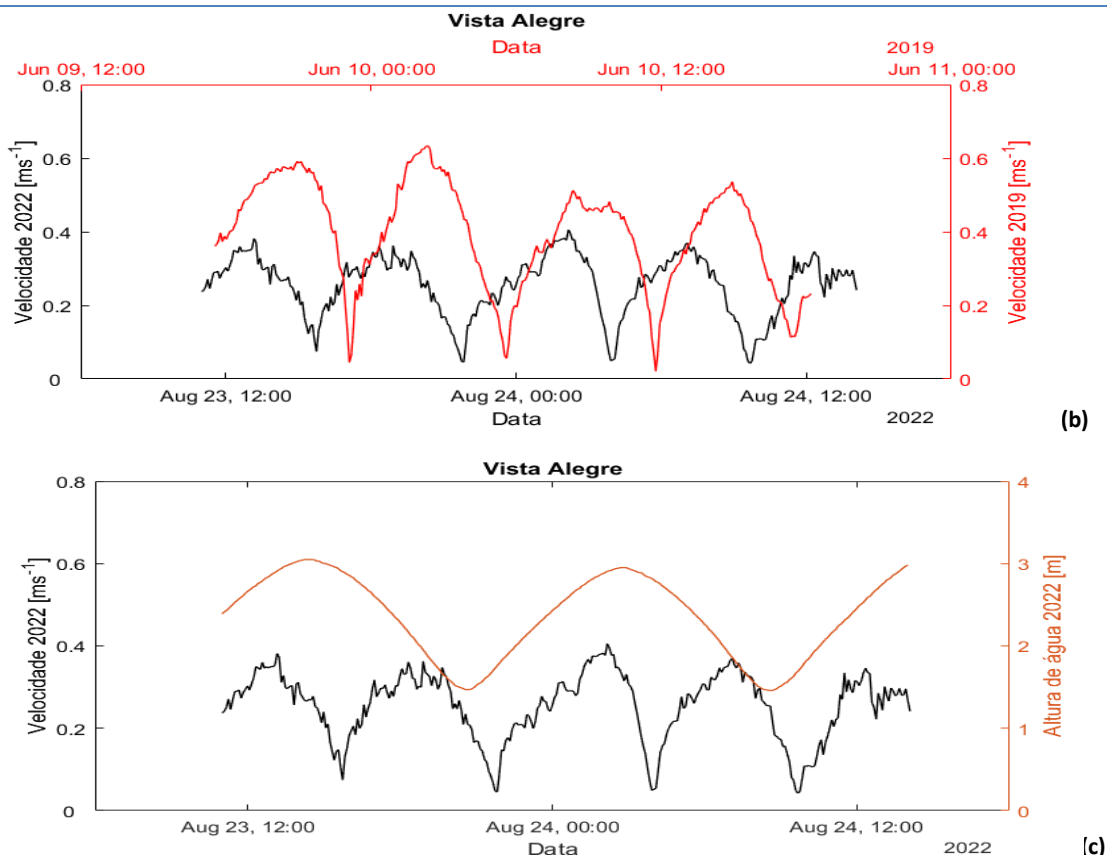


Figura 13 – a) Comparação entre a intensidade da corrente à superfície, fundo e média na coluna de água para o local de medição localizado na Vista Alegre; b) Comparação entre as curvas de intensidade para 2022 (a preto) e 2019 (a vermelho) e c) Comparação entre a intensidade da corrente e nível de água local.

G - Local de medição - Cais da Pedra (2022)

Na Figura 14 apresenta-se os resultados para o local de medição localizado no Cais da Pedra. Este local de medição situa-se numa zona de reduzida profundidade, apresentando um padrão de escoamento uniforme na vertical com valores absolutos muito próximos junto a superfície e no fundo. A intensidade da corrente apresenta valores reduzidos (inferiores a $0,4 \text{ ms}^{-1}$) em quase todo o ciclo de monitorização. A intensidade da corrente neste local apresenta uma variabilidade pouco significativa, com uma amplitude máxima de cerca de $0,25 \text{ ms}^{-1}$, em dois períodos muito específicos. Na maior parte do ciclo de monitorização a intensidade máxima é de cerca de $0,29 \text{ ms}^{-1}$. A intensidade média ao longo do período de monitorização foi de $0,15 \pm 0,06 \text{ ms}^{-1}$.

Comparando os valores da intensidade da corrente medidos em 2019, verifica-se que os valores de 2022 apresentam valores muito próximos. Estes valores não são relacionáveis com a amplitude de maré, que

é cerca de 0,2 m superior em 2022. Neste local de medição não se verifica um padrão evidente que diferencie as correntes de enchente das correntes de vazante, pelo que não é possível inferir a existência de assimetria local de maré.

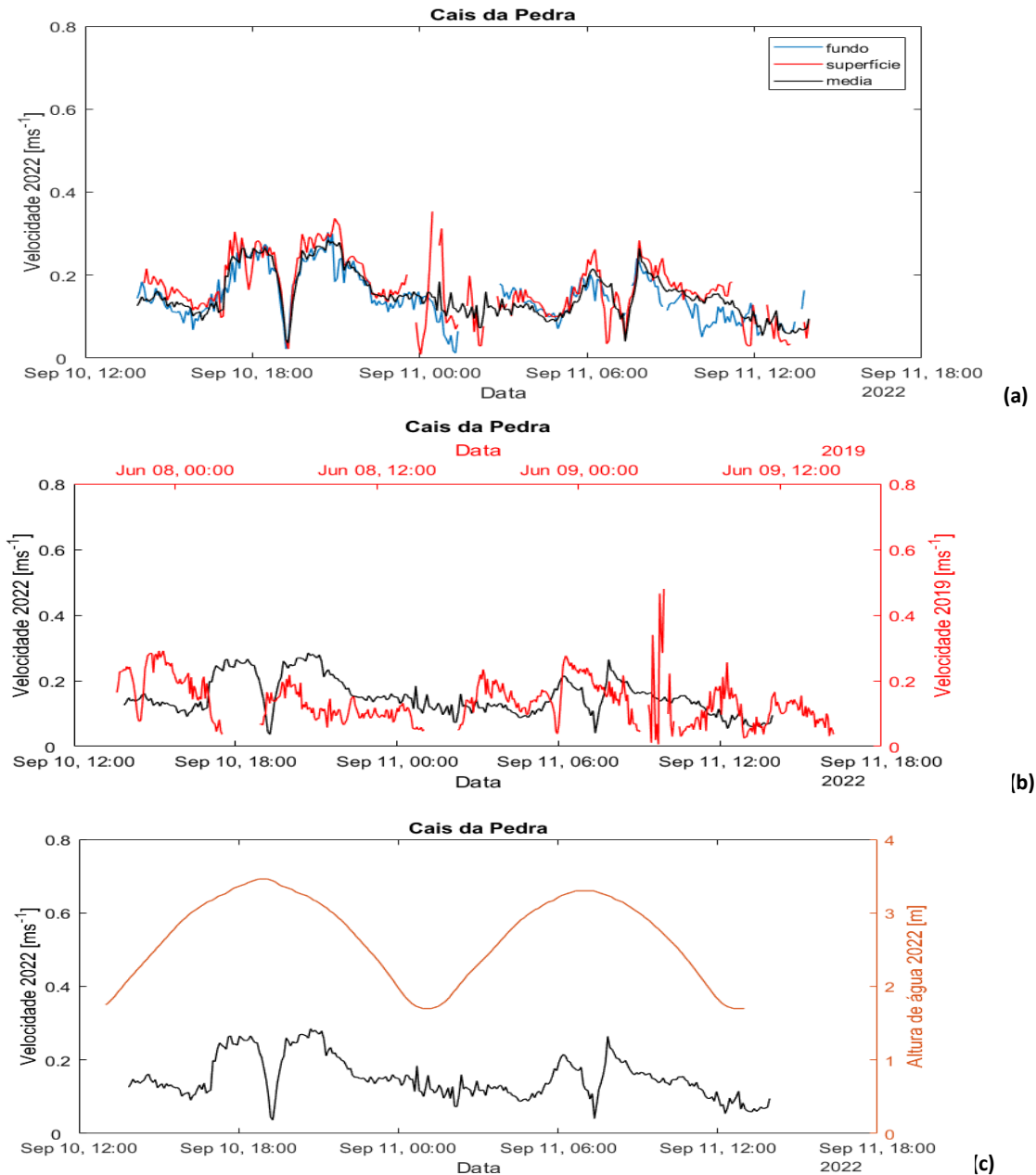


Figura 14 – a) Comparação entre a intensidade da corrente à superfície, fundo e média na coluna de água para o local de medição localizado no Cais da Pedra; b) Comparação entre as curvas de intensidade para 2022 (a preto) e 2019 (a vermelho) e c) Comparação entre a intensidade da corrente e nível de água local.

4.1.3 Razão entre a intensidade máxima e a amplitude de maré

Na Tabela 7 apresentam-se os resultados do quociente entre a intensidade máxima da corrente e a amplitude de maré para cada local de medição e para cada período em análise, numa tentativa de desacoplamento da dependência da intensidade da corrente da amplitude de maré, considerando que as medições em 2022 e em 2019 foram efetuadas em condições de maré com algumas diferenças na amplitude. É expectável que, para o mesmo local, sejam geradas correntes de maior intensidade quando a amplitude de maré é superior. No entanto, não se espera que a razão entre a intensidade máxima e a amplitude de maré seja constante. Os resultados não revelam uma relação entre o aumento da amplitude de maré e um aumento da intensidade da corrente, uma vez que existem estações onde a amplitude de maré calculada é superior à de 2019 e a intensidade da corrente diminuiu (ver o exemplo da localização da Costa Nova). No geral, os valores deste quociente são menores em 2022 em todas as estações, exceto na localização do Parrachil, não havendo evidências de uma alteração significativa da amplitude de maré. Assim, este resultado para a estação do Parrachil pode ser resultado do aumento da intensidade máxima da corrente, mais elevada em relação a 2019 em cerca de $0,15 \text{ ms}^{-1}$. Nas outras estações de amostragem, o quociente baixou o seu valor.

Uma maior amplitude local de maré implica um maior gradiente da inclinação da superfície livre da água, mas não implica uma maior intensidade da corrente em todas as estações, uma vez que a velocidade do escoamento depende também da geomorfologia local. Assim, o cálculo desta razão apresenta valores que não são totalmente comparáveis, uma vez que as correntes de máxima intensidade são dependentes do padrão geral de propagação da maré, assim como altamente influenciadas pela geomorfologia local. Consequentemente, a tendência geral verificada para a diminuição desta razão poderá estar relacionada com o aprofundamento de vários dos canais da Ria de Aveiro decorrente da operação de desassoreamento, uma vez que uma maior profundidade na zona alvo de monitorização resultará numa menor velocidade do escoamento para uma amplitude de maré semelhante.

4.1.4 Desfasamento entre a intensidade da corrente e a altura de água

Na Tabela 8 apresenta-se o cálculo do desfasamento entre a intensidade e a altura de água medida em cada local de medição, e para cada período, estando resumidas as diferenças (em horas) entre o nível máximo de elevação da superfície livre da água (preia-mar) e o máximo da intensidade da corrente consecutivo, para as estações em análise neste estudo.

Tabela 8 – Desfasamento temporal entre os valores locais da intensidade da corrente e do nível de água em cada local de medição, calculado entre a máxima altura de água e máxima intensidade da corrente consecutivas.

ANO	VARELA	MORANZEL	PARRACHIL	COSTA NOVA	VAGUEIRA	VISTA ALEGRE	CAIS DA PEDRA
2019	3h	4h15	2h45	2h	2h15	5h	6h15
2022	1h50	4h	3h	2h30	3h	4h30	1h50

O desfasamento temporal entre máximos de elevação da água e intensidade da corrente, calculado para a monitorização de 2022, revela valores entre 1h50 para a localização da Varela (Canal de S. Jacinto/Ovar) e 4h30 para o local de medição da Vista Alegre, localizado no Canal de Ílhavo. Os locais de medição da área central e norte da Ria apresentam valores de desfasamento entre as 3h e 4h nos locais de medição do Parrachil e Moranzel, respetivamente. Os locais de medição situados no Canal de Mira apresentam valores de desfasamento entre o nível máximo de água e a intensidade máxima da corrente de 2h30 e 3h para a Costa Nova e Vagueira, respetivamente. As estações situadas no Canal de Ílhavo apresentam valores de desfasamento entre as 4h30 e as 1h50, para a Vista Alegre e Cais da Pedra, respetivamente.

Os resultados obtidos para os locais de medição de 2019, mostram um desfasamento entre o máximo da altura de água e da intensidade da corrente ligeiramente menores para os locais de medição de Parrachil, Costa Nova e Vagueira e mais elevados nos locais de medição da Varela, Moranzel e Vista Alegre. O desfasamento entre máximos consecutivos de altura de água e intensidade da corrente no local de medição do Cais da Pedra é completamente diferente do obtido em 2019, sendo de menos de 2h.

Em relação aos resultados obtidos na amostragem de 2019, a diminuição do desfasamento varia entre os 15 min no local de medição de Moranzel, 30 min no local de medição da Vista Alegre e 1h10 na Varela. O aumento do desfasamento (em relação à amostragem de 2019) varia entre os 15 min no local de medição do Parrachil e os 45 min no local de medição da Vagueira. Os resultados do Cais da Pedra, mostram um desfasamento muito menor, em relação ao resultado de 2019, o que pode ser influenciado pela pouca profundidade local.

4.2 ANÁLISE DOS RESULTADOS OBTIDOS PARA OS NÍVEIS DE MARÉ

Os principais objetivos desta monitorização são: 1) caracterizar os níveis de maré em 9 locais (Carregal; Puxadouro; Torreira; Cais do Bico; Rio Novo; Vagueira; Areão; Vista Alegre; Cais da Pedra), através

da análise de dados maregráficos recolhidos entre 8 de julho e 8 setembro de 2022; e 2) comparar os níveis de maré recolhidos em 2022 (fase pós-dragagem) com os recolhidos em 2019 (fase pré-dragagem).

Adicionalmente, pretende-se, para os mesmos locais, comparar os resultados obtidos com resultados de campanhas anteriores, nomeadamente medição de níveis de maré pelo Instituto Hidrográfico (IH 1987/88), pela Universidade de Aveiro (UA 2002/04), pela Administração do Porto de Aveiro (APA, 2012/17) e pela Monitar (MONITAR 2019/22).

Os períodos amostrados nas várias campanhas estão resumidos na Tabela 9. Os levantamentos IH 1987/88 e UA 2002/04 foram efetuados com uma periodicidade de 1 hora, enquanto os levantamentos APA 2012/17 e MONITAR 2019/22 foram efetuados com periodicidades de 20 e 5 minutos, respetivamente. Importa salientar que os dados referentes ao local de medição Cais do Bico 2012/17, foram adquiridos no Cais do Chegado que dista cerca de 700 m do Cais do Bico e que a estação do Areão foi deslocada 1000 m para Norte no início de julho de 2022.

Salienta-se ainda que, embora apenas estivessem previstas monitorização durante um período de 2 meses na fase pré-construção e outro período de 2 meses na fase pós-construção, a Monitar realizou medições em contínuo durante todo o período desde a pré-construção até à pós-construção. Durante este período de 3 anos registaram algumas interrupções (*vide* Tabela 10). De destacar a inexistência de dados de nível entre outubro de 2019 e julho de 2022 na estação de Cais da Pedra e entre novembro de 2020 e julho de 2022 nas estações do Rio Novo e Torreira. A estação da Vista Alegre é aquela que apresenta medições mais consistentes, tendo verificado apenas uma interrupção, entre 19 de novembro 2019 e 24 de dezembro de 2019. Reporta-se também que os registos maregráficos na estação do Cais da Pedra entre 8 de julho e 8 de setembro de 2022 apresentavam um problema, pelo que foi necessário ajustar os dados observados antes de efetuar qualquer processamento. Na Figura 15 ilustra-se um excerto do registo de nível nesta estação e a série temporal ajustada, após aplicação de uma média móvel.

Tabela 9 – Períodos de amostragem dos levantamentos de maré analisados.

LOCAL DE MEDIÇÃO	PERÍODOS DE AMOSTRAGEM DOS LEVANTAMENTOS DE MARÉ			
	IH 1987/88	UA 2002/04	APA 2012/17	MONITAR 2019/22
Carregal	08/10/1987 13/11/1987	27/08/2002 18/10/2002	- -	01/06/2019 08/09/2022
Puxadouro	14/10/1987 25/11/1987	26/08/2002 18/10/2002	- -	01/06/2019 08/09/2022
Torreira	23/06/1987 04/08/1987	09/01/2004 09/04/2004	- -	01/06/2019 08/09/2022
Cais do Bico	26/08/1987 10/12/1987	12/06/2003 14/07/2003	15/04/2012 31/03/2017	01/06/2019 08/09/2022
Rio Novo	01/02/1988 14/04/1988	08/03/2003 09/04/2003	01/04/2012 31/03/2017	01/06/2019 08/09/2022
Vagueira	28/04/1987 10/06/1987	21/11/2002 20/02/2003	01/04/2012 31/03/2017	01/06/2019 08/09/2022
Areão	29/04/1987 09/06/1987	22/11/2002 29/12/2002	- -	01/06/2019 08/09/2022
Vista Alegre	29/06/1988 08/11/1988	09/09/2003 09/12/2003	01/04/2012 31/03/2017	01/06/2019 08/09/2022
Cais da Pedra	28/09/1987 10/11/1988	10/09/2003 10/10/2003	- -	01/06/2019 08/09/2022

Tabela 10 – Períodos (dias) de interrupção na amostragem dos levantamentos MONITAR 2019/22.

LOCAL DE MEDIÇÃO	MONITAR 2019/22
Carregal	20/11/2019 – 21/12/2019; 01/08/2021 – 07/07/2022
Puxadouro	20/11/2019 – 24/12/2019; 10/03/2021 – 07/07/2022
Torreira	20/11/2019 – 20/12/2019; 20/11/2020 – 07/07/2022
Cais do Bico	01/08/2019 – 14/10/2019; 19/11/2019 – 19/12/2019; 12/02/2020 – 24/03/2020; 29/08/2020 – 12/10/2020; 01/01/2021 – 27/01/2021; 01/06/2021 – 07/07/2022
Rio Novo	24/08/2019 – 13/10/2019; 01/11/2020 – 07/07/2022
Vagueira	19/12/2019 – 22/12/2019; 18/04/2020 – 05/05/2020; 19/07/2021 – 05/09/2021; 01/11/2021 – 07/07/2022
Areão	20/11/2019 – 24/12/2019; 11/04/2020 – 31/12/2020; 21/04/2021 – 07/07/2022
Cais da Pedra	01/10/2019 – 07/07/2022
Vista Alegre	19/11/2019 – 24/12/2019

Nota: Salienta-se ainda que, embora apenas estivessem previstas monitorização durante um período de 2 meses na fase pré-construção e outro período de 2 meses na fase pós-construção, a Monitar realizou medições em contínuo durante todo o período desde a pré-construção até à pós-construção.

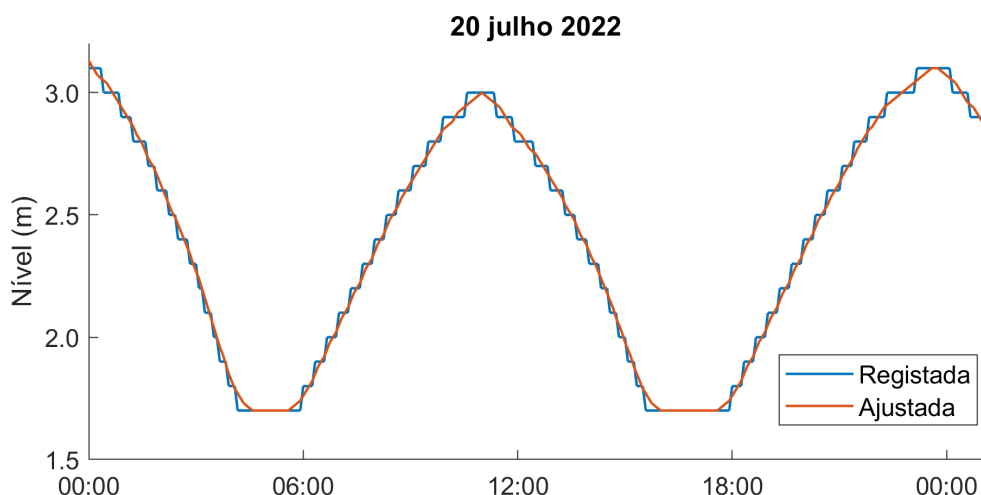


Figura 15 – Registo de elevação da superfície livre da água para o local de medição localizado no Cais da Pedra e a respetiva curva de nível ajustada para o dia 20 de julho de 2022.

4.2.1 Variações de nível na campanha da fase de pós-dragagem - julho e agosto de 2022

Da Figura 16 à Figura 24 são apresentados os registos maregráficos nos 9 locais de medição para os meses de julho e agosto de 2022 (fase de pós-dragagem).

Os registos mostram que, no geral, as variações da superfície livre do mar são idênticas em ambos os meses. Em todos os locais é notório que a maré apresenta características semidiurnas, verificando-se a ocorrência diária de 2 Preia-mares e 2 Baixa-mares. Verifica-se também uma ligeira desigualdade diurna e um acentuado ciclo quinzenal, correspondente à periodicidade marés vivas / marés mortas. Nos locais de medição do Puxadouro, Cais da Pedra e Areão, os níveis de Baixa-Mar praticamente não variam durante todo o período analisado, sendo o ciclo quinzenal evidente apenas nos níveis de Preia-Mar. Os registos maregráficos não apresentam padrões anómalos, tendo os máximos absolutos (Tabela 11) sido registados em todos os locais de medição na Preia-Mar de Águas Vivas (nos dia 15 de julho e 13 de agosto). Relativamente aos níveis mínimos absolutos, verifica-se que estes ocorrem em dias diferentes não coincidentes com a Baixa-Mar de marés vivas. Importa salientar que os níveis máximos e mínimos do Cais da Pedra poderão ser ligeiramente superiores e inferiores, respetivamente, aos indicados neste relatório devido ao problema de registo reportado anteriormente.

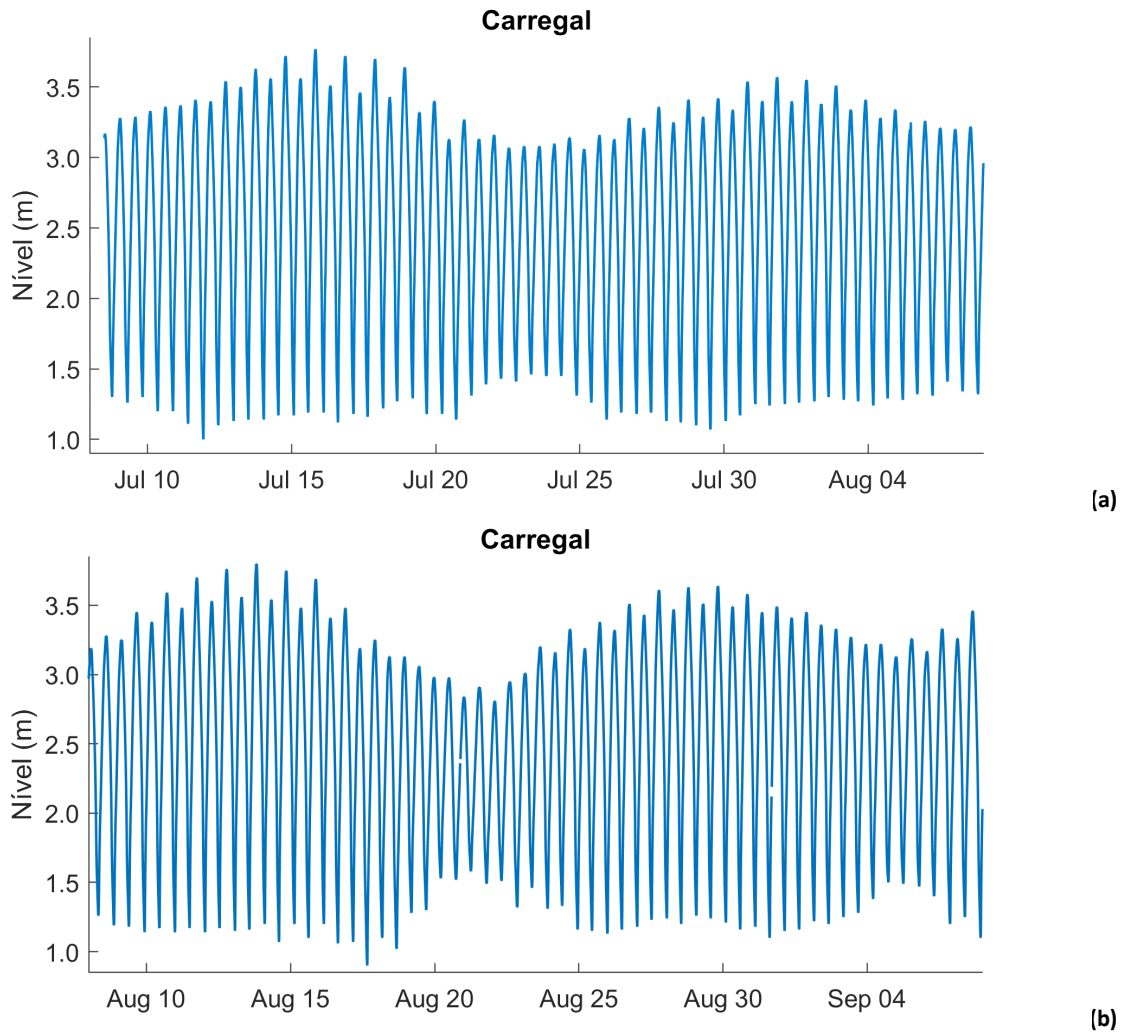


Figura 16 – Registo de elevação da superfície livre da água para o local de medição localizado no Carregal nos meses de: a) julho; b) agosto de 2022.

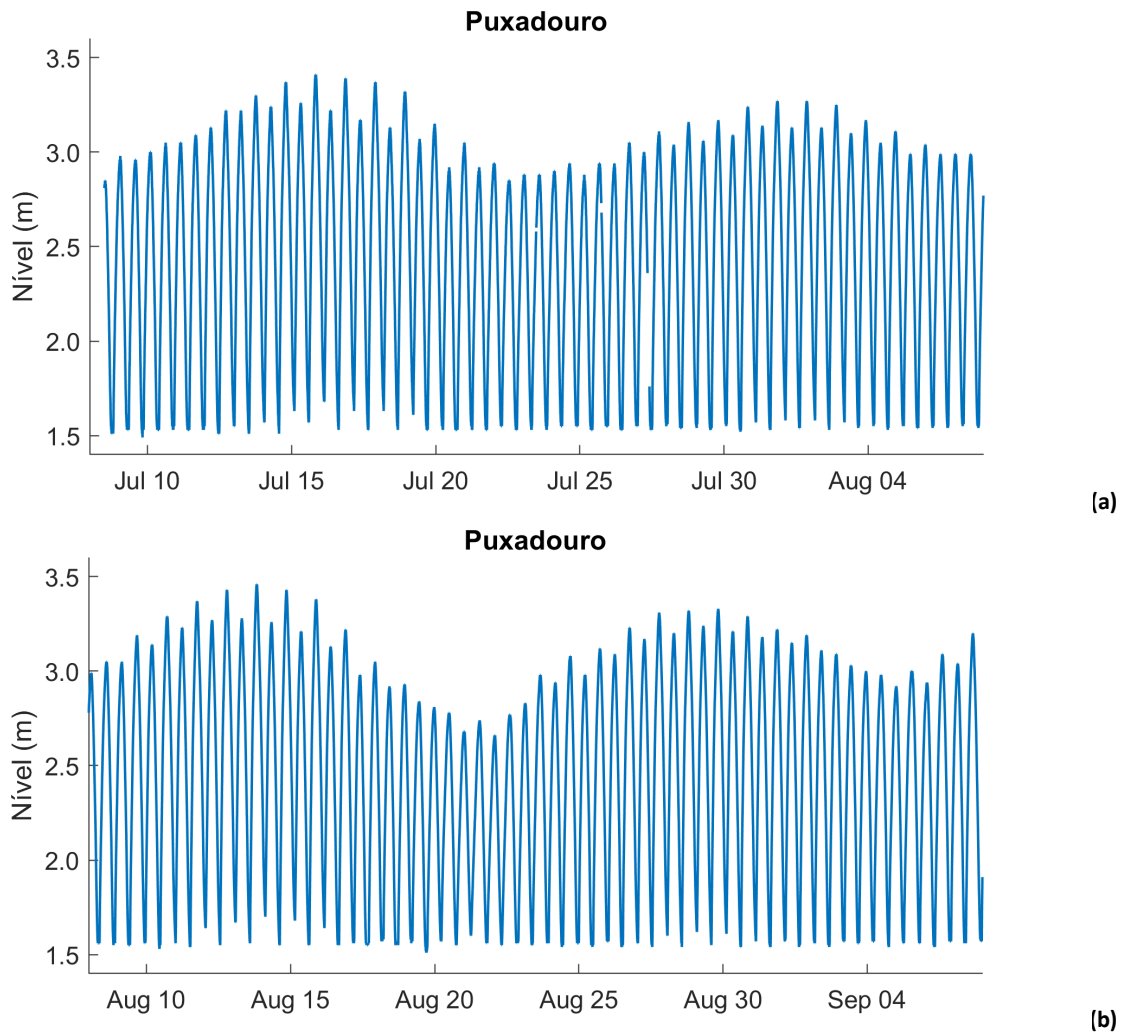


Figura 17 – Registo de elevação da superfície livre da água para o local de medição localizado no Puxadouro nos meses de: a) julho; b) agosto de 2022.

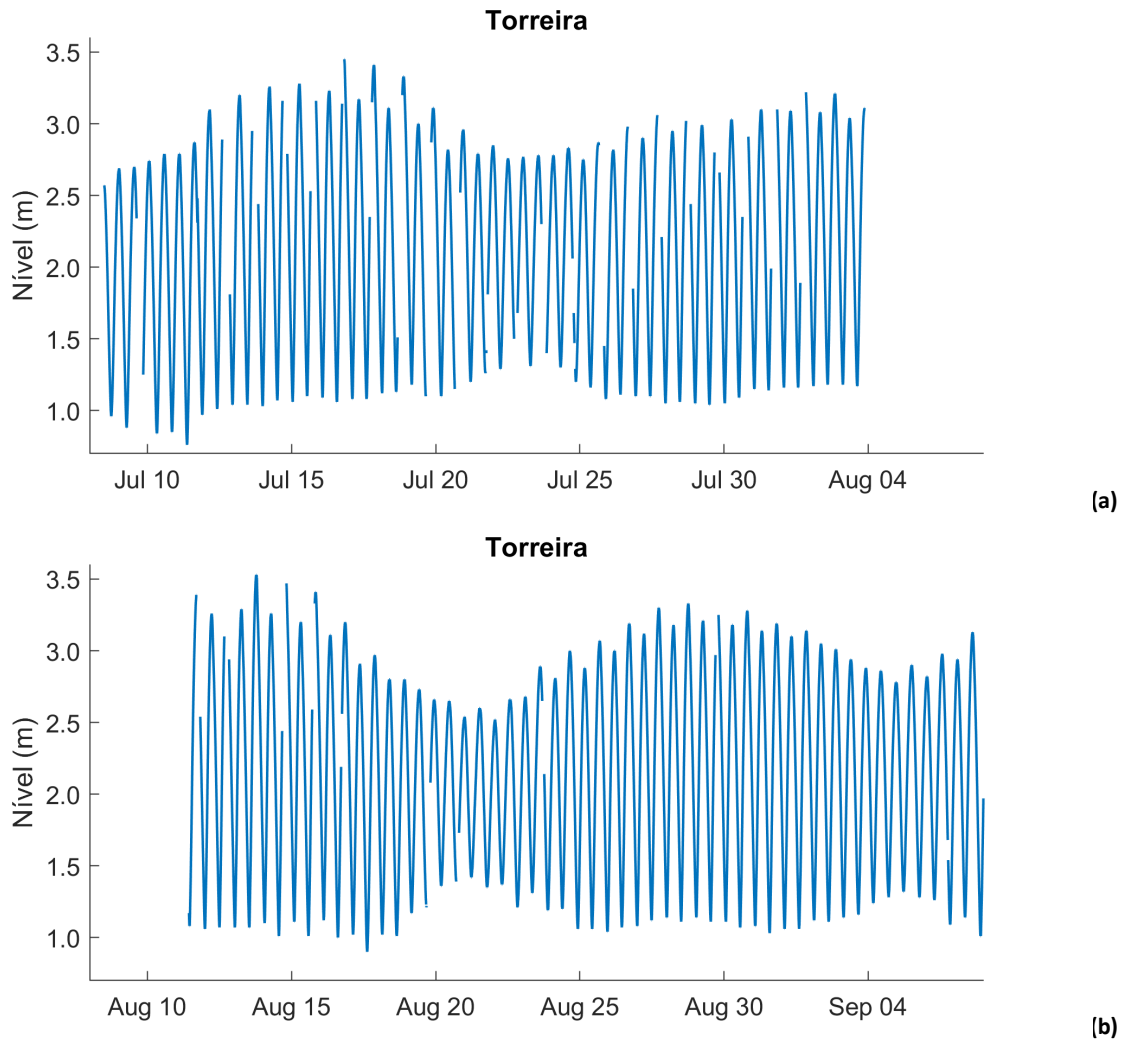


Figura 18 – Registo de elevação da superfície livre da água para o local de medição localizado na Torreira nos meses de: a) julho; b) agosto de 2022.

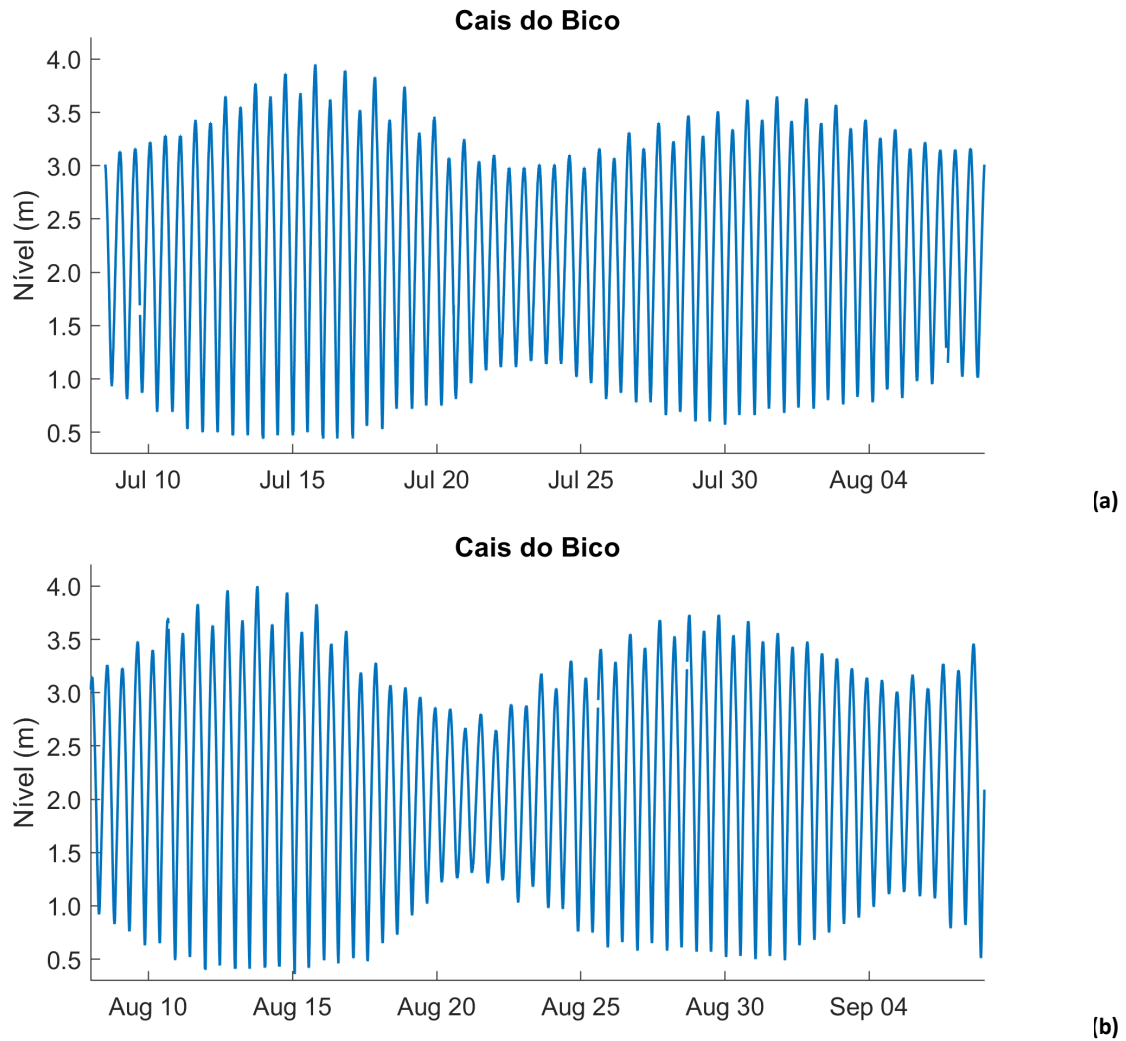


Figura 19 – Registo de elevação da superfície livre da água para o local de medição localizado no Cais do Bico nos meses de: a) julho; b) agosto de 2022.

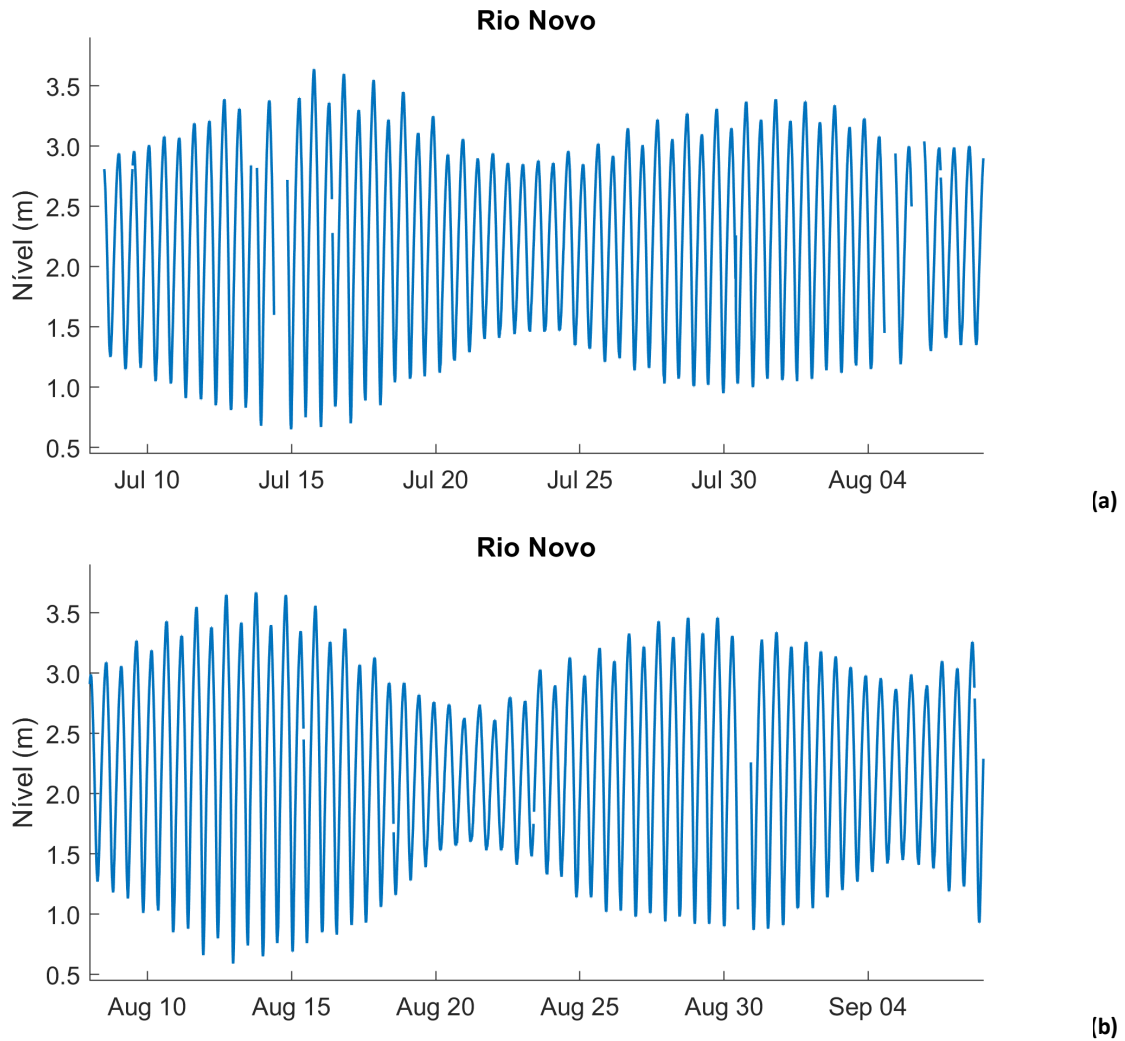


Figura 20 – Registo de elevação da superfície livre da água para o local de medição localizado no Rio Novo nos meses de: a) julho; b) agosto de 2022.

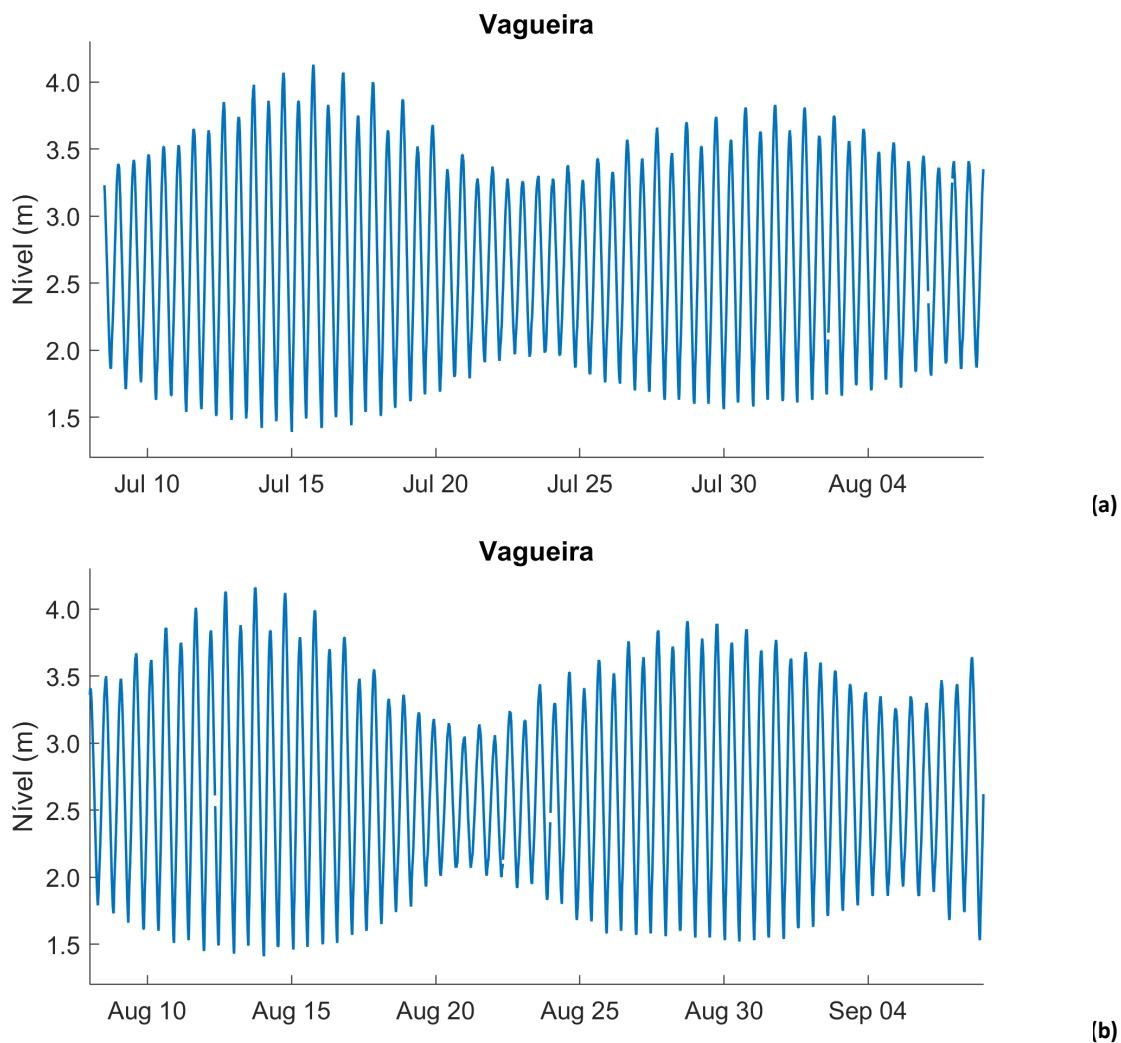


Figura 21 – Registo de elevação da superfície livre da água para o local de medição da Vagueira nos meses de: a) julho; b) agosto de 2022.

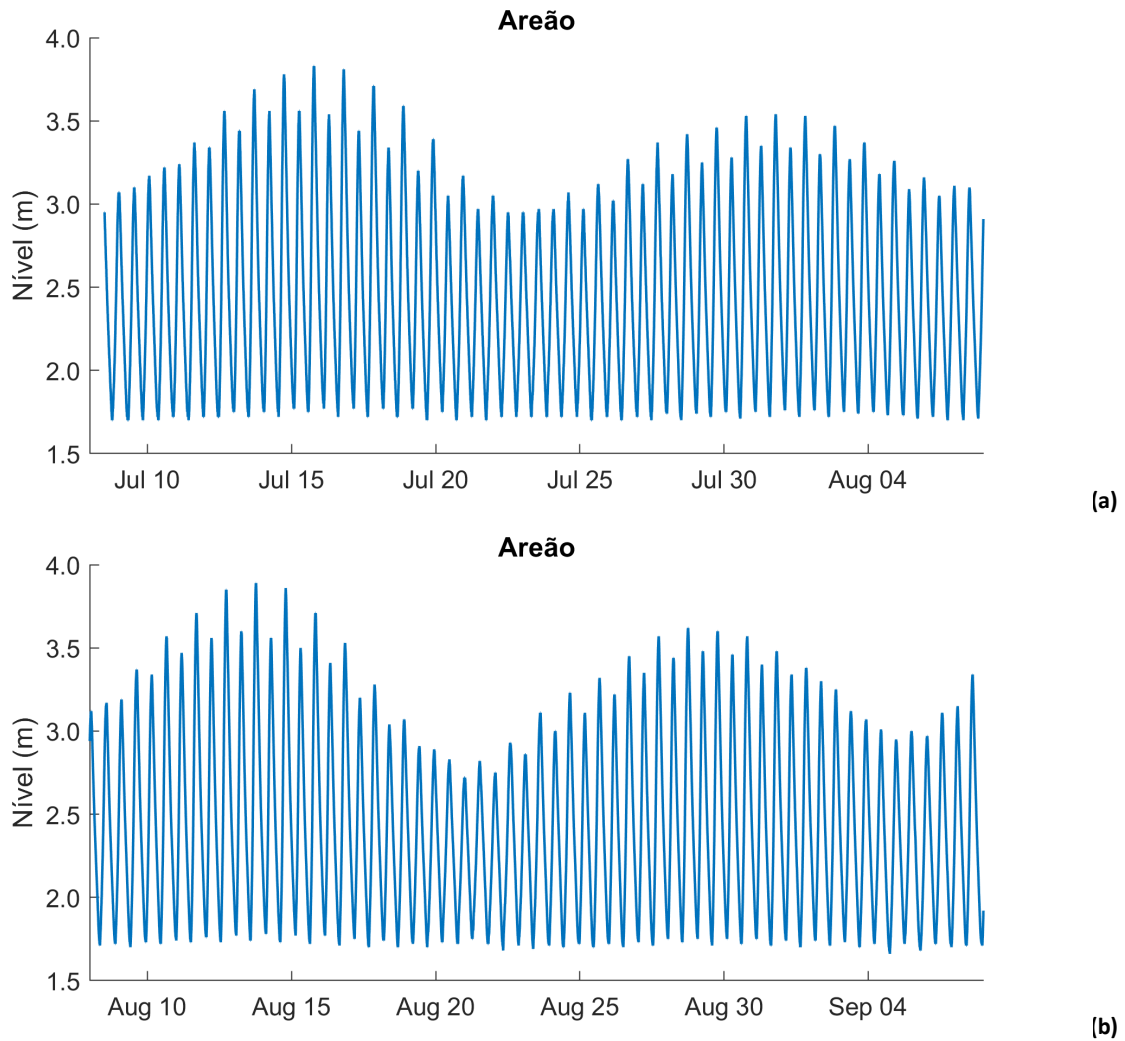


Figura 22 – Registo de elevação da superfície livre da água para o local de medição do Areão nos meses de:
a) julho; b) agosto de 2022.

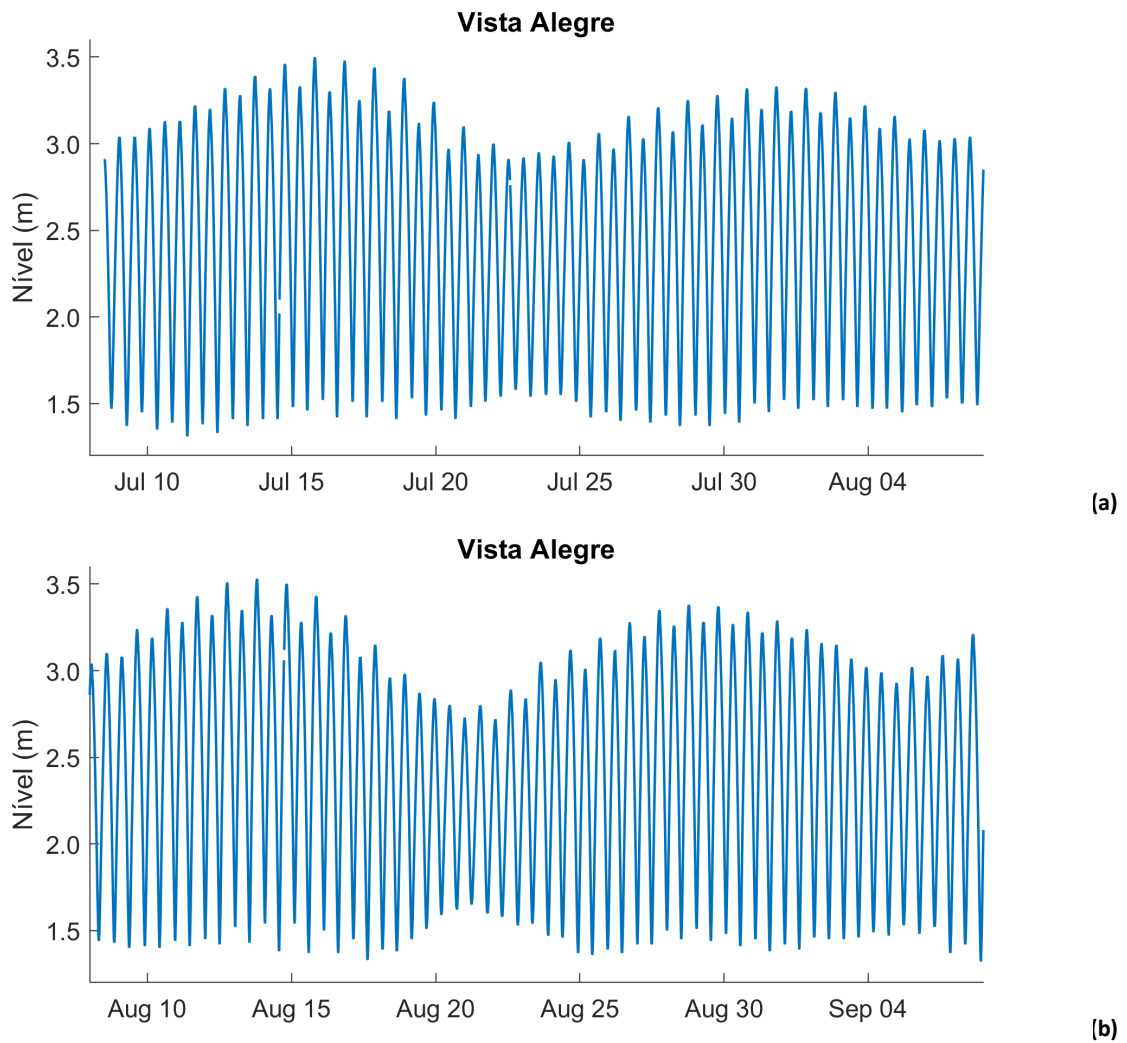


Figura 23 – Registo de elevação da superfície livre da água para o local de medição localizado na Vista Alegre nos meses de: a) julho; b) agosto de 2022.

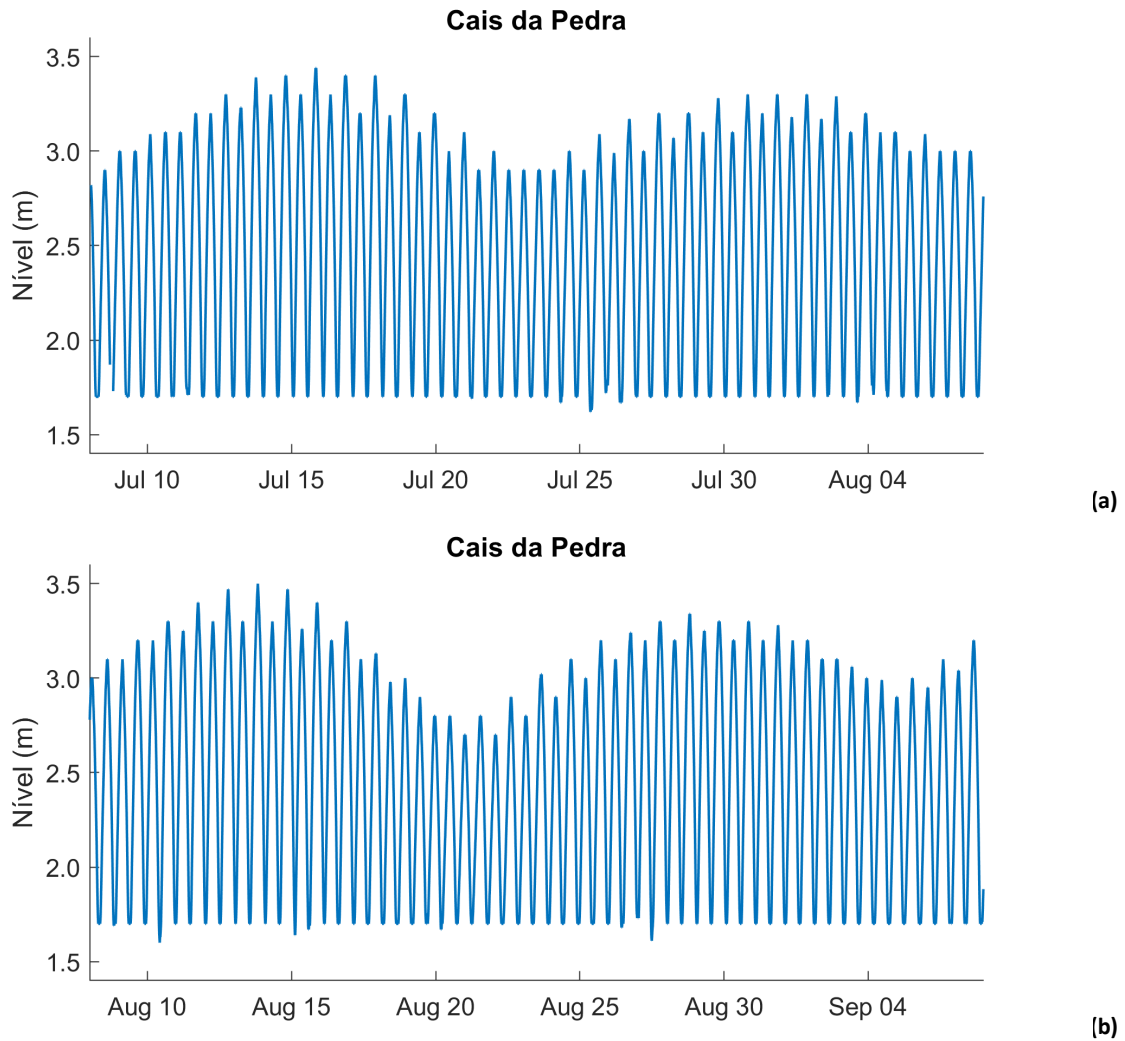


Figura 24 – Registo de elevação da superfície livre da água para o local de medição localizado no Cais da Pedra nos meses de: a) julho; b) agosto de 2022.

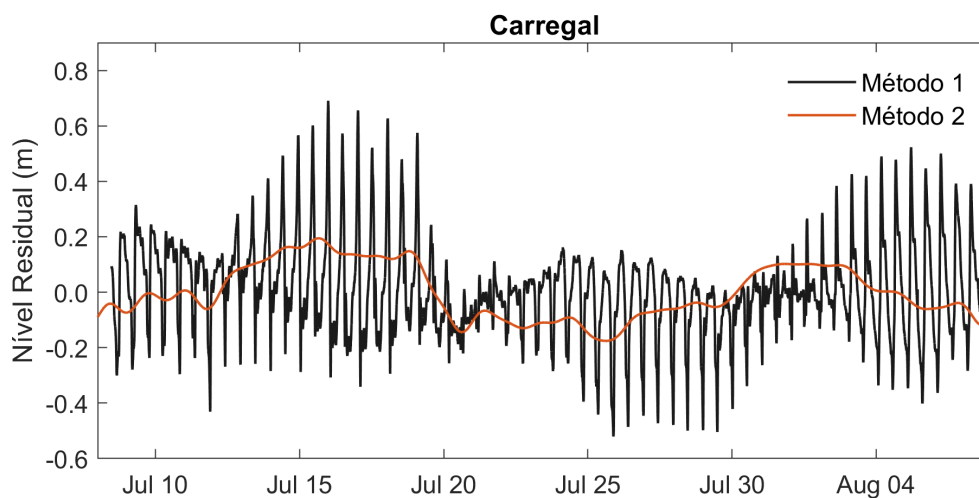
Tabela 11 – Níveis (m) máximos e mínimos mensais com indicação do dia de ocorrência.

LOCAL DE MEDIÇÃO	JULHO				AGOSTO			
	Nível Máx.	Dia/Mês Hora	Nível Min.	Dia/Mês Hora	Nível Máx.	Dia/Mês Hora	Nível Min.	Dia/Mês Hora
Carregal	3,77	15/07 19:55	1,00	11/07 22:30	3,80	13/08 19:30	0,90	17/08 15:45
Puxadouro	3,41	15/07 19:50	1,49	09/07 19:55	3,46	13/08 19:45	1,51	19/08 16:55
Torreira	3,45	16/07 19:30	0,76	11/07 09:00	3,53	13/08 18:35	0,90	17/08 14:55
Cais do Bico	3,95	15/07 18:50	0,44	13/07 23:20	4,00	13/08 18:45	0,36	15/08 01:45
Rio Novo	3,64	15/07 18:35	0,65	14/07 23:35	3,67	13/08 18:15	0,59	12/08 23:20
Vagueira	4,13	15/07 18:05	1,39	15/07 00:15	4,16	13/08 17:35	1,41	14/08 00:55
Areão	3,83	15/07 18:30	1,70	08/07 18:30	3,89	13/08 18:20	1,66	04/09 18:05
Vista Alegre	3,50	15/07 19:20	1,31	11/07 09:10	3,53	13/08 19:05	1,32	07/09 09:10
Cais da Pedra	3,44	15/07 20:00	1,62	25/07 08:45	3,50	13/08 19:55	1,60	10/08 10:15

4.2.2 Maré meteorológica

Da Figura 25 à Figura 33 ilustram-se as séries temporais de níveis residuais nos 9 locais de medição calculados pelos 2 métodos avaliados. Verifica-se que os dois métodos descrevem padrões similares, no entanto as curvas obtidas pelo método 1 apresentam maior nível de ruído (irregularidades). Estas irregularidades são habituais quando se consideram séries temporais com a duração de 1 mês, e resultam do facto de algumas constantes harmónicas não serem identificadas quando se efetua análise harmónica. Em séries temporais mais longas (por exemplo com a duração de 1 ano) identificam-se mais constantes harmónicas e por isso os níveis residuais apresentam um padrão mais suave.

Os níveis residuais obtidos pelo método 2 são sempre inferiores a 0,20 m em todas as estações, demonstrando não haver evidências da ocorrência de sobre-elevações de origem meteorológica. Os níveis residuais obtidos pelo método 1 são superiores aos obtidos pelo método 2, pelas razões descritas anteriormente, contudo o padrão observado é típico de séries mensais, e por isso não há evidências da ocorrência de sobre-elevações de origem meteorológica. Posto isto, não foi possível calcular os níveis máximos residuais nem investigar a correspondente situação sinótica.



(a)

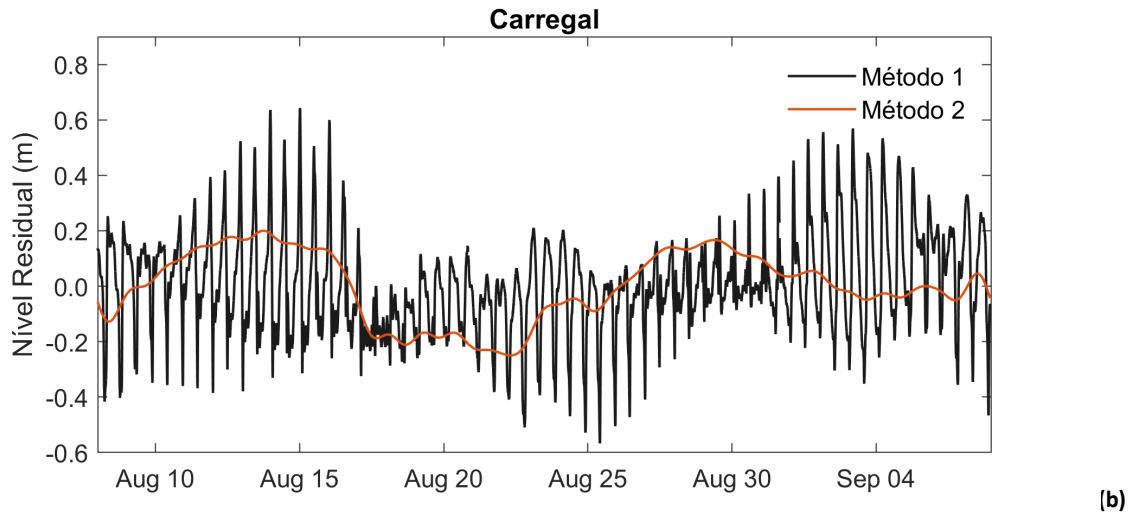
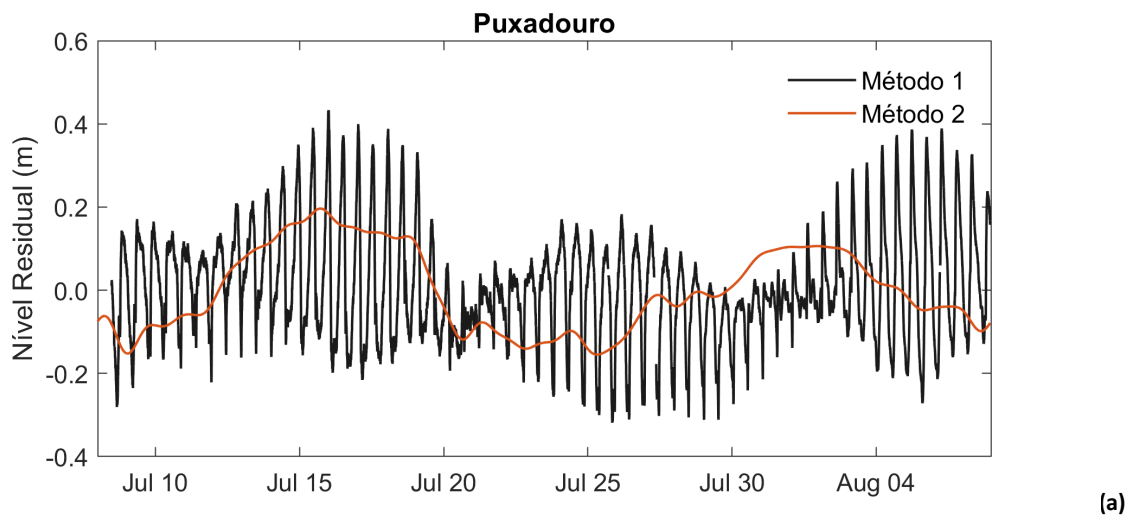
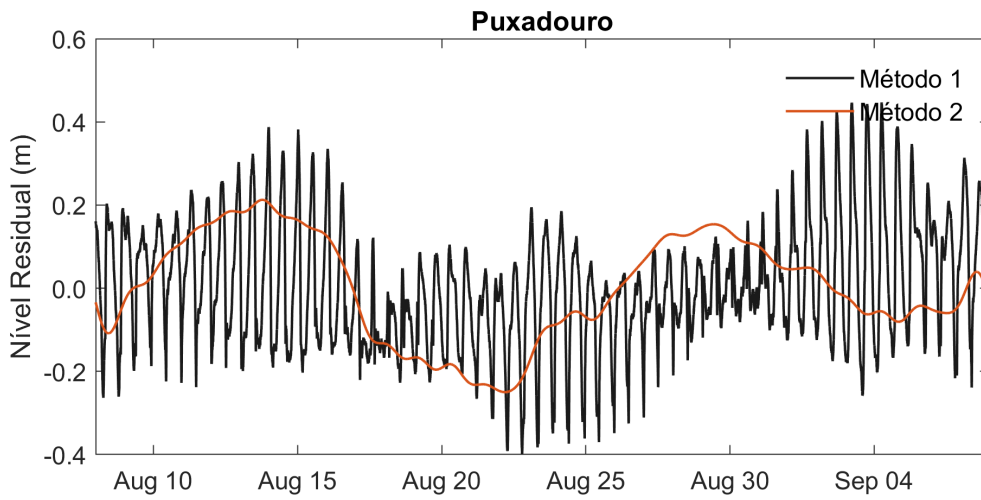


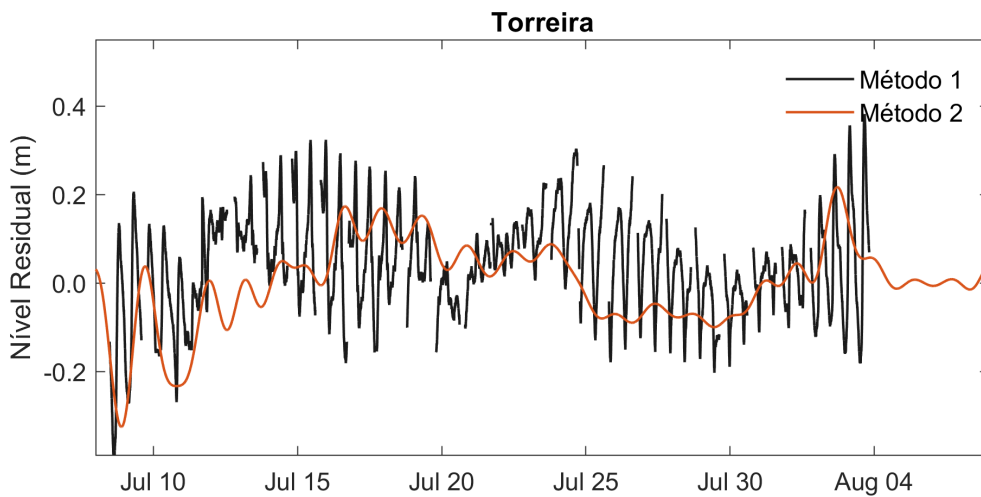
Figura 25 – Níveis residuais de maré para o local de medição localizado no Carregal nos meses de: a) julho; b) agosto de 2022.





(b)

Figura 26 – Níveis residuais de maré para o local de medição localizado no Puxadouro nos meses de: a) julho; b) agosto de 2022.



(a)

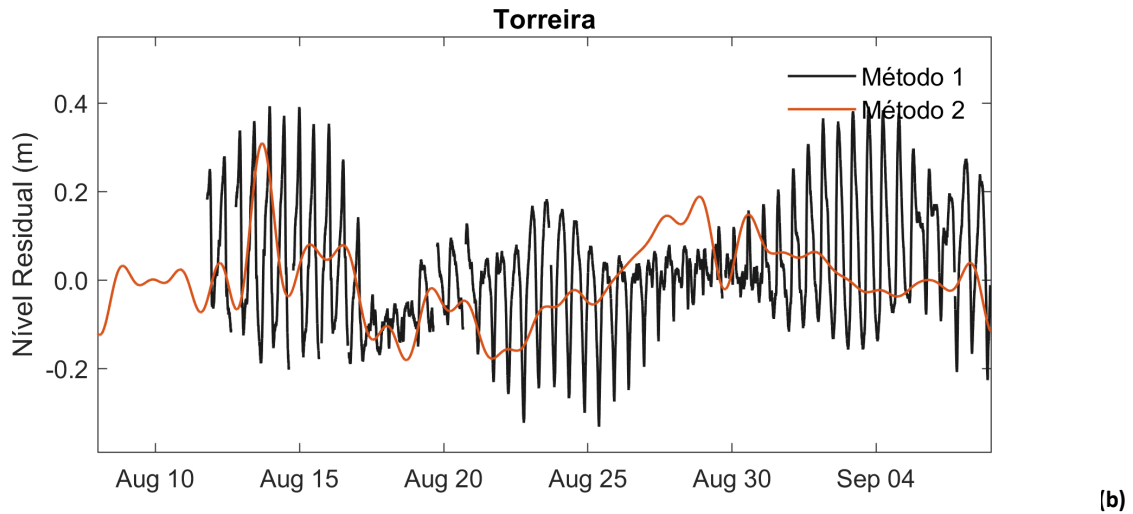
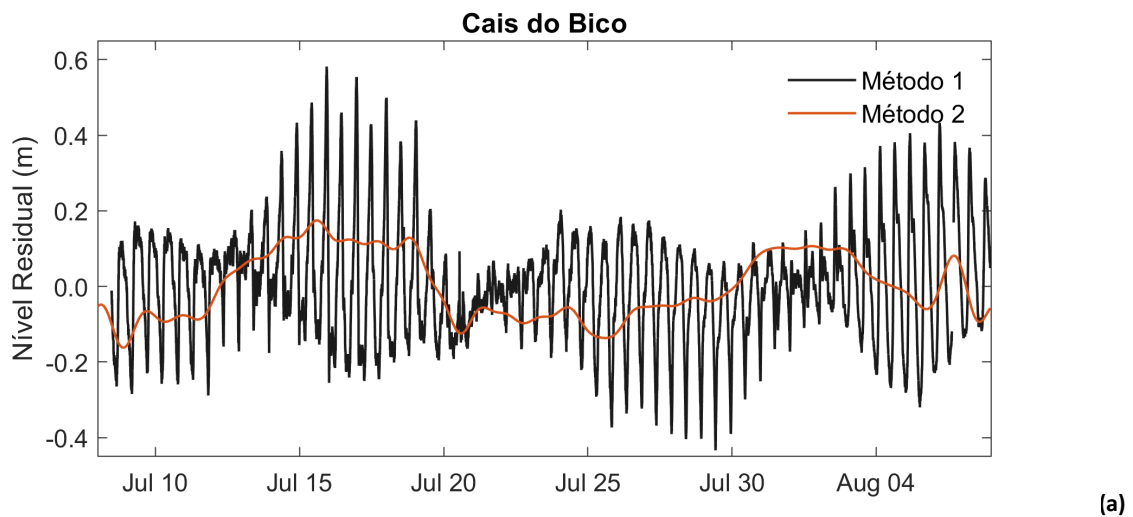


Figura 27 – Níveis residuais de maré para o local de medição localizado na Torreira nos meses de: a) julho; b) agosto de 2022.



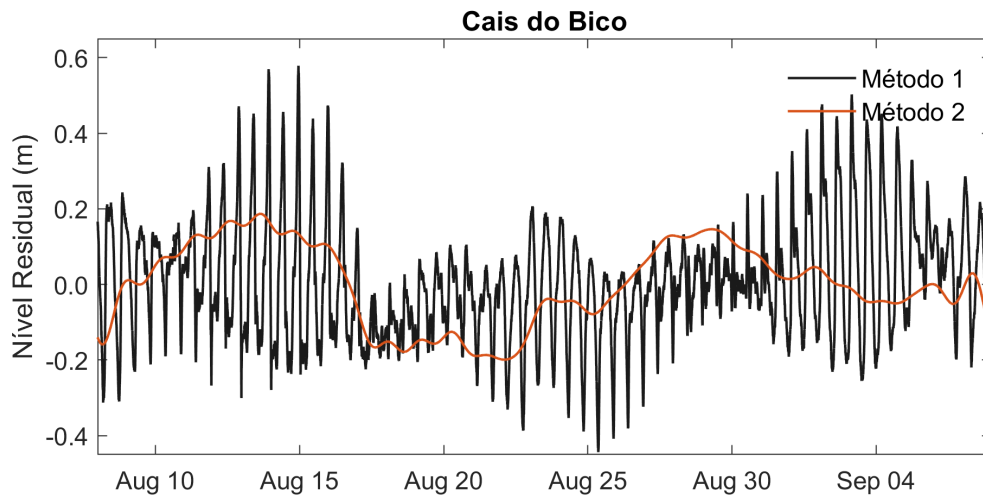
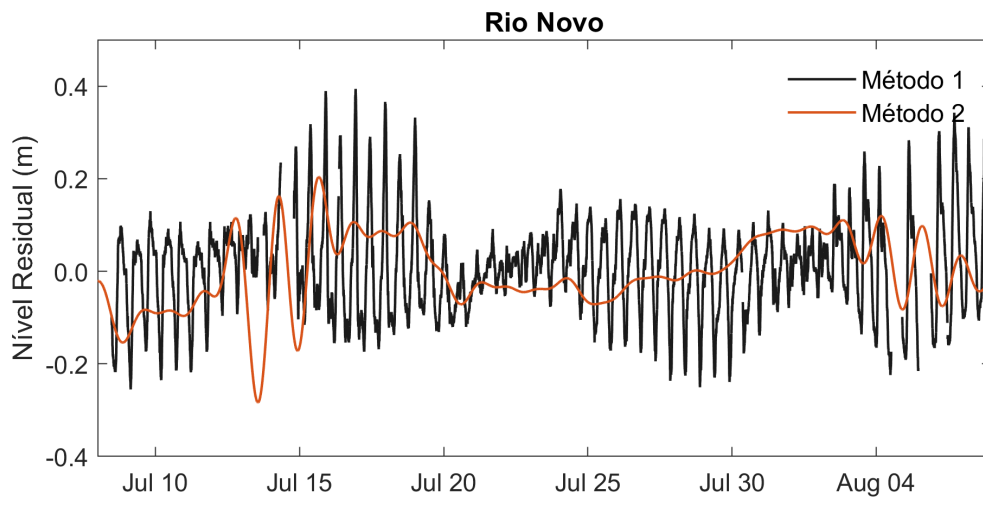
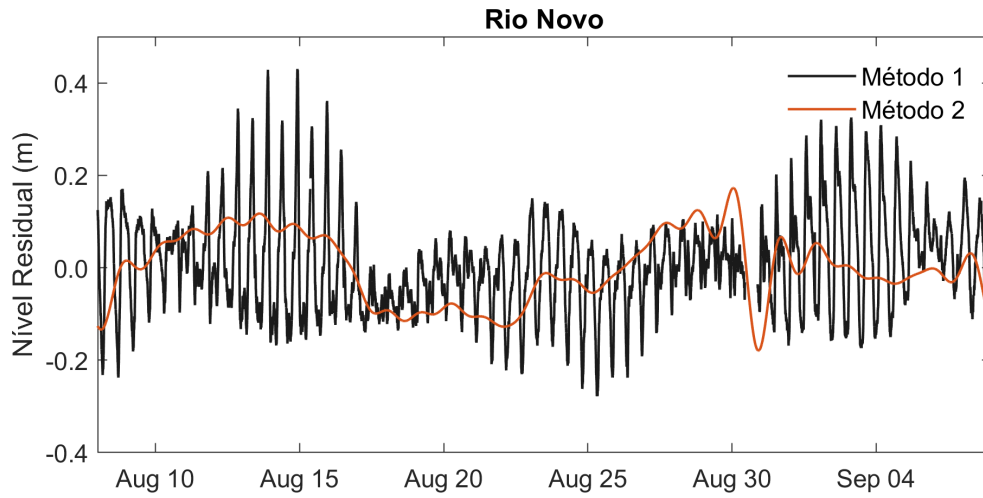


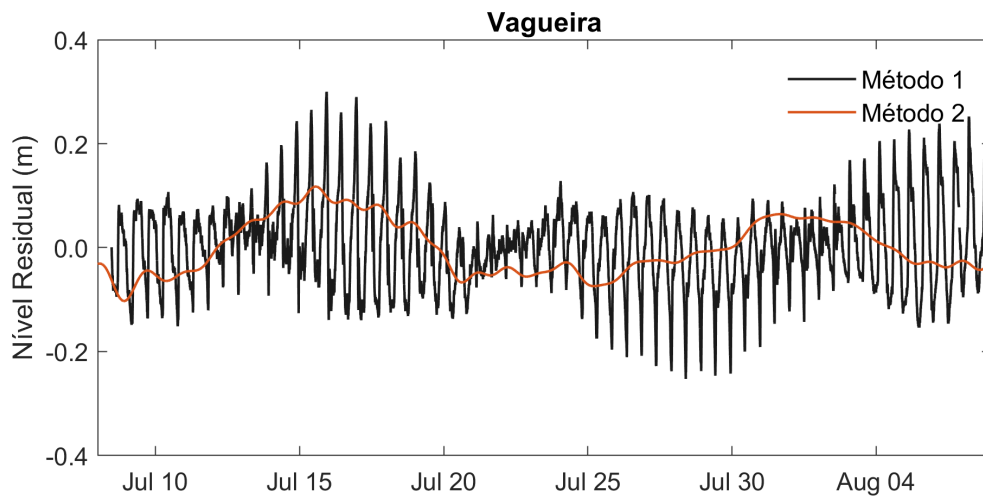
Figura 28 – Níveis residuais de maré para o local de medição localizado no Cais do Bico nos meses de: a) julho; b) agosto de 2022.



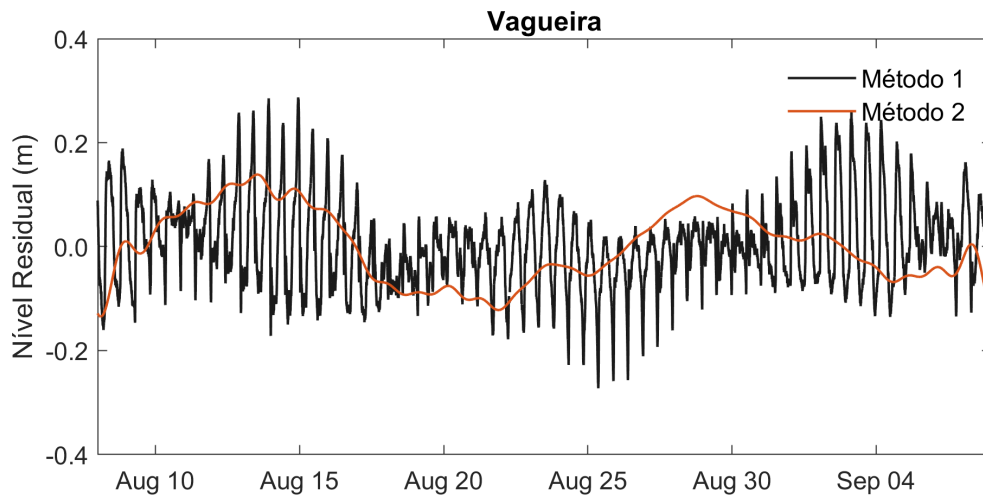


(b)

Figura 29 – Níveis residuais de maré para o local de medição localizado no Rio Novo nos meses de: a) julho; b) agosto de 2022.

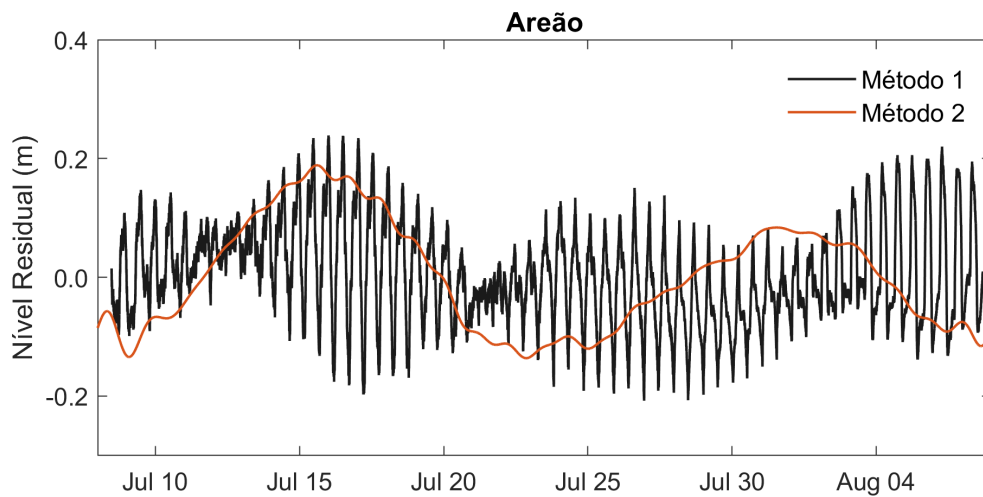


(a)

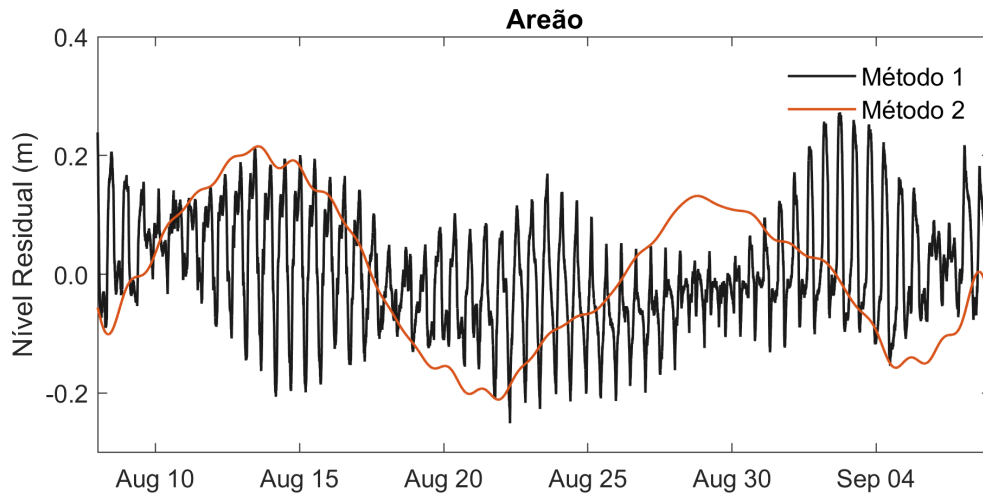


(b)

Figura 30 – Níveis residuais de maré para o local de medição localizado na Vagueira nos meses de: a) julho; b) agosto de 2022.

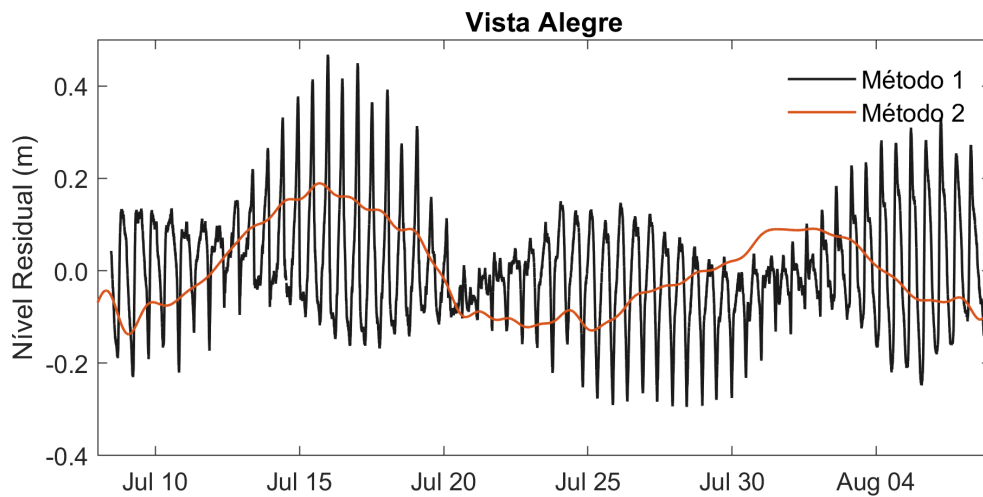


(a)



(b)

Figura 31 – Níveis residuais de maré para o local de medição localizado no Areão nos meses de: a) julho; b) agosto de 2022.



(a)

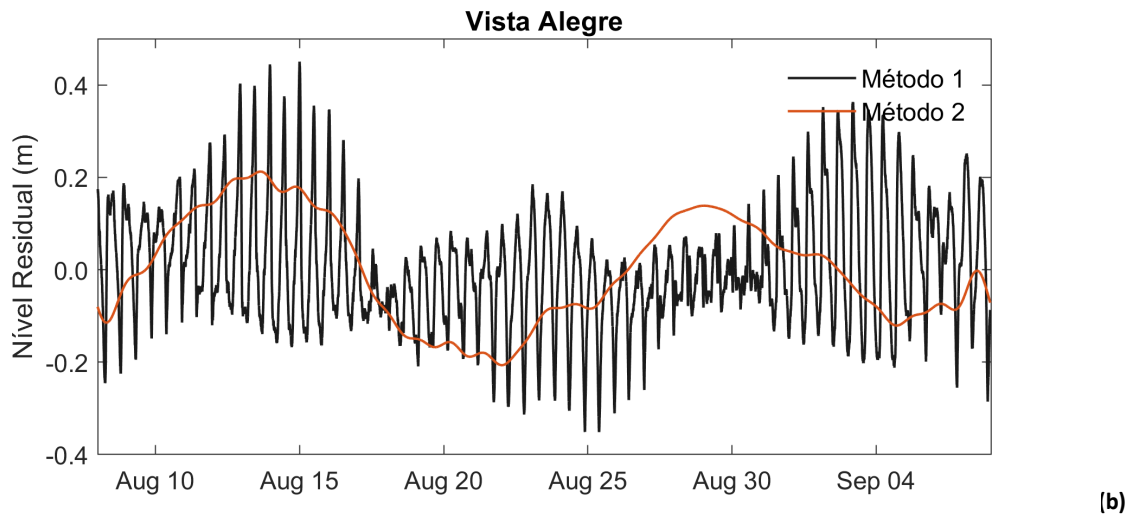
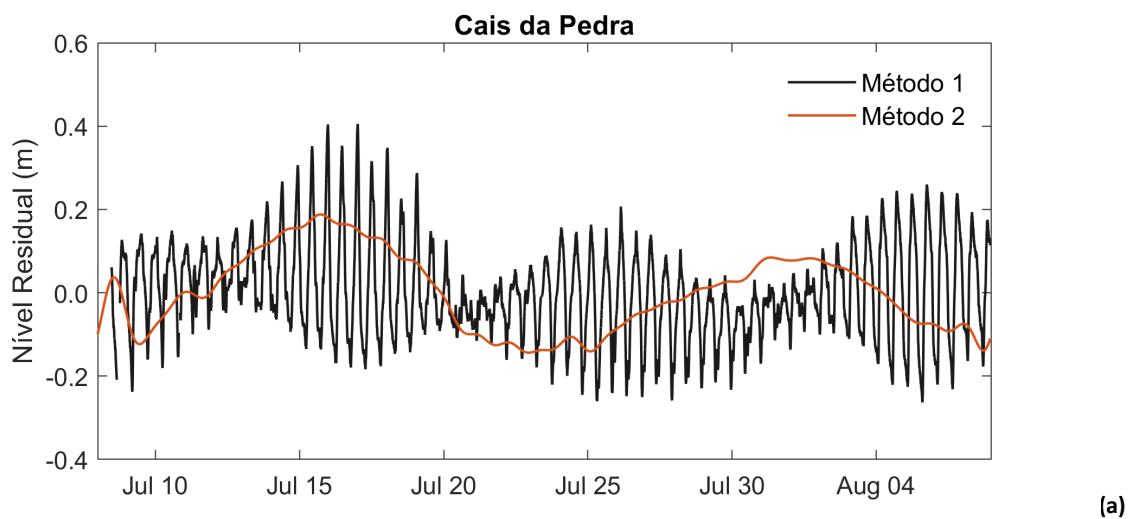


Figura 32 – Níveis residuais de maré para o local de medição localizado na Vista Alegre nos meses de: a) julho; b) agosto de 2022.



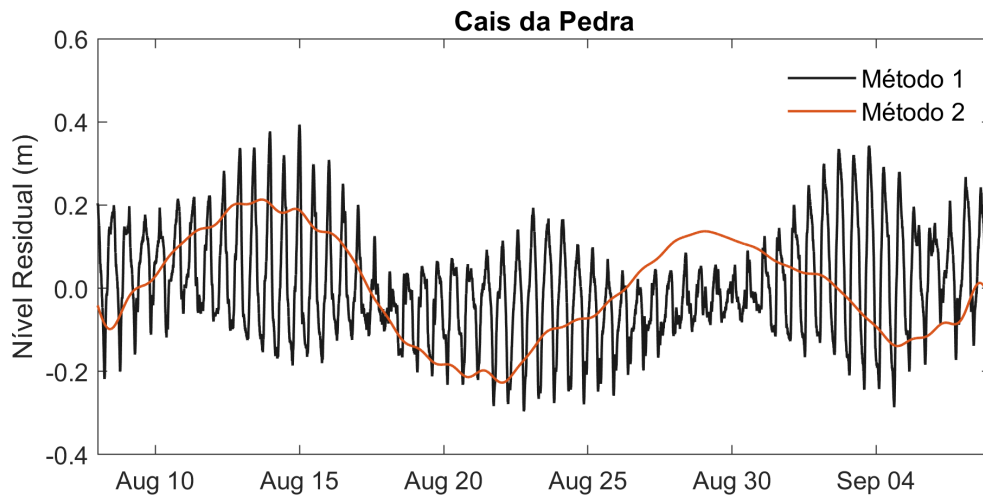


Figura 33 – Níveis residuais de maré para o local de medição localizado no Cais da Pedra nos meses de: a) julho; b) agosto de 2022.

4.2.3 Maré astronómica

Na Tabela 12 e Tabela 13 apresenta-se a amplitude e a fase dos principais constituintes harmónicos nos 9 locais de medição, respetivamente.

Os resultados evidenciam que as constantes harmónicas determinadas para cada um dos meses de julho e agosto e para o período total dos dois meses são semelhantes, revelando que a maré apresentou características similares nos dois meses analisados. O constituinte M_2 tem maior relevância na laguna, apresentando uma amplitude consideravelmente superior à dos restantes constituintes, podendo assim ser considerado representativo da maré na laguna. Relativamente ao constituinte M_2 , verifica-se que a estação do Cais do Bico é aquela que apresenta maior amplitude (1,16 m) enquanto que as estações do Areão e do Cais da Pedra são as que apresentam menor amplitude (0,68 m). A amplitude do constituinte S_2 é menor do que a do M_2 , no entanto os dois constituintes descrevem um padrão similar, observando-se maiores amplitudes na estação do Cais do Bico (0,32 m) e menores amplitudes na estação do Puxadouro (0,16 m). É notório que à medida que a maré se propaga para montante a amplitude dos constituintes semidiurnos (M_2 e S_2) diminui, sendo nos locais de medição Puxadouro, Cais da Pedra e Areão aqueles que apresentam menor amplitude. Entre a Torreira e o Carregal observa-se um padrão oposto ao descrito anteriormente. Neste caso, observa-se uma ligeira amplificação do constituinte M_2 (de 0,87 m para 0,90 m) entre a Torreira e o Carregal. A amplitude dos constituintes diurnos (O_1 e K_1) varia muito pouco nos diferentes locais de medição (entre 0,05 m e 0,07 m) e é consideravelmente inferior à dos constituintes semidiurnos (M_2 e S_2), explicando assim a ligeira desigualdade diurna observada nas séries temporais de nível de maré. Relativamente ao constituinte M_4 , as maiores amplitudes, entre 0,11 m e 0,12 m, verificam-se nas estações localizadas nas extremidades dos canais (Areão, Rio Novo, Cais do Bico e Carregal). No Puxadouro, Torreira, Vagueira, Vista Alegre e Cais da Pedra a amplitude do constituinte M_4 não excede os 0,07 m.

Quanto à fase dos constituintes semidiurnos (M_2 e S_2) verifica-se que aumenta com a distância à embocadura, sendo os locais de medição Rio Novo, Cais do Bico, Torreira e Vagueira, aqueles que apresentam os menores valores de fase. Pelo contrário os locais de medição Carregal, Puxadouro, Vista Alegre, Cais da Pedra e Areão, são aqueles que apresentam maiores valores de fase para o constituinte M_2 , indicando que a mesma fase da maré chega mais tarde a estes locais. Este comportamento era esperado, considerando que à medida que a maré se propaga para o interior da laguna a profundidade diminui e os canais ficam mais estreitos, conduzindo ao aumento do atrito de fundo e consequente diminuição da amplitude de maré e aumento da fase.

Tabela 12 – Amplitude (m) dos principais constituintes harmónicos, referentes às campanhas dos meses de julho, agosto e para toda a série temporal.

LOCAL DE MEDIÇÃO	M ₂			S ₂			O ₁			K ₁			M ₄		
	JUL	AGO	T	JUL	AGO	T	JUL	AGO	T	JUL	AGO	T	JUL	AGO	T
Carregal	0,90	0,89	0,90	0,17	0,26	0,22	0,06	0,07	0,06	0,06	0,05	0,05	0,13	0,11	0,12
Puxadouro	0,70	0,69	0,70	0,13	0,19	0,16	0,05	0,06	0,05	0,06	0,04	0,05	0,08	0,06	0,07
Torreira	0,88	0,85	0,87	0,13	0,26	0,22	0,05	0,07	0,06	0,06	0,05	0,06	0,10	0,07	0,07
Cais do Bico	1,16	1,15	1,16	0,25	0,37	0,32	0,07	0,08	0,07	0,09	0,07	0,08	0,12	0,11	0,11
Rio Novo	0,95	0,93	0,94	0,21	0,32	0,27	0,06	0,06	0,06	0,07	0,06	0,07	0,11	0,11	0,11
Vagueira	0,86	0,85	0,86	0,21	0,29	0,25	0,05	0,05	0,05	0,07	0,06	0,06	0,02	0,02	0,02
Areão	0,67	0,68	0,68	0,15	0,20	0,18	0,05	0,05	0,05	0,07	0,05	0,06	0,12	0,11	0,12
Vista Alegre	0,75	0,74	0,75	0,14	0,21	0,18	0,05	0,06	0,06	0,08	0,05	0,06	0,07	0,07	0,07
Cais da Pedra	0,68	0,67	0,68	0,13	0,19	0,17	0,05	0,05	0,05	0,08	0,06	0,07	0,05	0,04	0,04

Tabela 13 – Fase dos principais constituintes harmónicos, referentes às campanhas dos meses de julho, agosto e para toda a série temporal.

LOCAL DE MEDIÇÃO	M ₂			S ₂			O ₁			K ₁			M ₄		
	JUL	AGO	T	JUL	AGO	T	JUL	AGO	T	JUL	AGO	T	JUL	AGO	T
Carregal	140	142	141	218	208	213	20	24	23	141	143	141	96	101	98
Puxadouro	144	145	145	229	216	222	33	35	34	160	165	162	111	117	113
Torreira	120	120	120	184	176	180	345	5	9	125	123	121	92	92	84
Cais do Bico	113	114	114	176	169	172	360	3	2	112	116	113	28	33	30
Rio Novo	103	104	104	161	154	158	356	354	355	100	108	103	351	354	352
Vagueira	102	104	103	156	151	154	349	349	349	99	105	102	45	72	60
Areão	130	132	131	191	184	187	14	11	12	130	141	135	200	205	202
Vista Alegre	131	132	132	201	192	196	31	26	29	140	151	144	80	85	82
Cais da Pedra	142	144	144	220	209	214	38	35	37	145	155	149	94	99	99

4.2.4 Comparação da fase pré-dragagem (2019) com a fase pós-dragagem (2022)

Na Tabela 14 apresentam-se os valores de nível máximo e mínimo para os anos de 2019 e 2022 (representativos das fases pré- e pós-dragagens) e as respetivas diferenças.

Os resultados mostram que o local de medição do Cais do Bico foi aquele que sofreu maiores variações no nível máximo, tendo este aumentado quase 0,5 m em 2022 comparativamente a 2019. No Areão também se verificou um aumento dos níveis máximos de 0,21 m e 0,14 m nos meses de julho e agosto, respetivamente. No Puxadouro os níveis máximos diminuíram 0,10 m em ambos os meses e nos locais de medição do Carregal, Torreira e Rio Novo as diferenças dos níveis máximos foram próximas de zero. Já na Vagueira, Vista Alegre e Cais da Pedra observou-se um aumento nos níveis máximos de 0,12 m, 0,08 e 0,07, no mês de julho, contudo no mês de agosto as diferenças são consideravelmente inferiores. Relativamente aos níveis mínimos, as maiores diferenças verificaram-se nos locais de medição do Puxadouro, Vagueira e Cais do Bico, observando-se em todos eles um decréscimo nos níveis mínimos. No Puxadouro os níveis mínimos diminuíram 0,30 m, enquanto que a Vagueira e o Cais do Bico observaram decréscimos próximos de 0,20 m. No Cais da Pedra também se observou um decaimento dos níveis mínimos em ambos os meses, contudo este não excedeu os 0,06 m. O local de medição do Areão foi o único que observou um aumento nos níveis mínimos em ambos os meses (0,15 m e 0,06 m, em julho e agosto, respetivamente). No Carregal, Torreira e Rio Novo não se identificou nenhum padrão de aumento ou decréscimo e as diferenças foram próximas de zero.

Na Tabela 15 e Tabela 16 apresenta-se a amplitude e a fase dos principais constituintes harmónicos para os anos de 2019 e 2022 (representativos das fases pré- e pós-dragagens) e as respetivas diferenças.

Os resultados mostram que a amplitude (Tabela 15) do constituinte M_2 aumentou em todos os locais de medição, exceto no Rio Novo que evidenciou variações próximas de zero. O maior aumento, 0,25 m, verificou-se no Cais do Bico, seguindo-se os locais de medição do Areão, Puxadouro, Vagueira, Vista Alegre e Cais da Pedra com aumentos de 0,12 m, 0,08 m, 0,07 m, 0,06 m e 0,06 m, respetivamente. Nos locais de medição do Carregal e Torreira verificaram-se ligeiros aumentos, 0,04 m e 0,03 m, respetivamente. De uma forma geral, o constituinte S_2 também aumenta para os mesmos locais, contudo as taxas de variação são mais moderadas (inferiores a 0,05 m em todos os locais). As diferenças encontradas na amplitude dos constituintes diurnos são negligenciáveis, sendo inferiores a 0,02 m em todos os locais. O mesmo acontece com o constituinte M_4 , que apresenta diferenças inferiores a 0,03 m em todos os locais, à exceção da estação do Areão, que experienciou uma diminuição de 0,07 m.

Tabela 14 – Níveis (m) máximos e mínimos mensais, correspondentes às campanhas de julho e agosto de 2019 e 2022, e respetiva diferença.

LOCAL DE MEDIÇÃO	ANO	JULHO		AGOSTO	
		Nível Máx.	Nível Min.	Nível Máx.	Nível Min.
Carregal	2019	3,77	0,93	3,81	1,00
	2022	3,77	1,00	3,80	0,90
	Dif.	0,00	0,07	-0,01	-0,10
Puxadouro	2019	3,51	1,82	3,56	1,81
	2022	3,41	1,49	3,46	1,51
	Dif.	-0,10	-0,33	-0,10	-0,30
Torreira	2019	3,42	0,82	3,50	0,89
	2022	3,45	0,76	3,53	0,90
	Dif.	0,03	-0,06	0,03	0,01
Cais do Bico	2019	3,49	0,61	-	-
	2022	3,95	0,44	4,00	0,36
	Dif.	0,46	-0,17	-	-
Rio Novo	2019	3,62	0,66	3,61	0,59
	2022	3,64	0,65	3,67	0,59
	Dif.	0,02	-0,01	0,06	0,00
Vagueira	2019	4,01	1,59	4,18	1,60
	2022	4,13	1,39	4,16	1,41
	Dif.	0,12	-0,20	-0,02	-0,19
Areão	2019	3,62	1,55	3,75	1,60
	2022	3,83	1,70	3,89	1,66
	Dif.	0,21	0,15	0,14	0,06
Vista Alegre	2019	3,42	1,33	3,52	1,28
	2022	3,50	1,31	3,53	1,32
	Dif.	0,08	-0,02	0,01	0,04
Cais da Pedra	2019	3,37	1,68	3,46	1,66
	2022	3,44	1,62	3,50	1,60
	Dif.	0,07	-0,06	0,04	-0,06

Tabela 15 – Amplitude (m) dos principais constituintes harmónicos, correspondentes às campanhas de julho e agosto de 2019 e 2022, e respetiva diferença.

LOCAL DE MEDIÇÃO	ANO	JULHO					AGOSTO					TOTAL				
		M ₂	S ₂	O ₁	K ₁	M ₄	M ₂	S ₂	O ₁	K ₁	M ₄	M ₂	S ₂	O ₁	K ₁	M ₄
Carregal	2019	0,86	0,18	0,05	0,06	0,12	0,82	0,26	0,07	0,04	0,10	0,86	0,19	0,05	0,05	0,11
	2022	0,90	0,17	0,06	0,06	0,10	0,89	0,26	0,07	0,05	0,07	0,90	0,22	0,06	0,05	0,12
	Dif.	0,04	-0,01	0,01	0,00	-0,02	0,07	0,00	0,00	0,01	-0,03	0,04	0,03	0,01	0,00	0,01
Puxadouro	2019	0,62	0,12	0,04	0,06	0,05	0,58	0,18	0,05	0,04	0,04	0,62	0,13	0,04	0,05	0,04
	2022	0,70	0,13	0,05	0,06	0,08	0,69	0,19	0,06	0,04	0,06	0,70	0,16	0,05	0,05	0,07
	Dif.	0,08	0,01	0,01	0,00	0,03	0,11	0,01	0,01	0,00	0,02	0,08	0,03	0,01	0,00	0,03
Torreira	2019	0,84	0,18	0,05	0,07	0,07	0,81	0,25	0,06	0,05	0,06	0,84	0,19	0,05	0,06	0,07
	2022	0,88	0,13	0,05	0,06	0,10	0,85	0,26	0,07	0,05	0,07	0,87	0,22	0,06	0,06	0,07
	Dif.	0,04	-0,05	0,00	-0,01	0,03	0,04	0,01	0,01	0,00	0,01	0,03	0,03	0,01	0,00	0,00
Cais do Bico	2019	0,91	0,20	0,05	0,08	0,09	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	2022	1,16	0,25	0,07	0,09	0,12	1,15	0,37	0,08	0,07	0,11	1,16	0,32	0,07	0,08	0,11
	Dif.	0,25	0,05	0,02	0,01	0,03	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Rio Novo	2019	0,95	0,22	0,05	0,08	0,11	0,94	0,30	0,07	0,06	0,11	0,95	0,24	0,06	0,07	0,11
	2022	0,95	0,21	0,06	0,07	0,11	0,93	0,32	0,06	0,06	0,11	0,94	0,27	0,06	0,07	0,11
	Dif.	0,00	-0,01	0,01	-0,01	0,00	-0,01	0,02	-0,01	0,00	0,00	-0,01	0,03	0,00	0,00	0,00
Vagueira	2019	0,79	0,18	0,05	0,08	0,05	0,77	0,25	0,06	0,06	0,05	0,79	0,20	0,05	0,07	0,05
	2022	0,86	0,21	0,05	0,07	0,02	0,85	0,29	0,05	0,06	0,02	0,86	0,25	0,05	0,06	0,02
	Dif.	0,07	0,03	0,00	-0,01	-0,03	0,08	0,04	-0,01	0,00	-0,03	0,07	0,05	0,00	-0,01	-0,03
Areão	2019	0,57	0,13	0,07	0,09	0,20	0,55	0,18	0,07	0,08	0,18	0,56	0,15	0,07	0,08	0,19
	2022	0,67	0,15	0,05	0,07	0,12	0,68	0,20	0,05	0,05	0,11	0,68	0,18	0,05	0,06	0,12
	Dif.	0,10	0,02	-0,02	-0,02	-0,08	0,13	0,02	-0,02	-0,03	-0,07	0,12	0,03	-0,02	-0,02	-0,07
Vista Alegre	2019	0,68	0,13	0,05	0,08	0,06	0,66	0,20	0,06	0,06	0,06	0,69	0,15	0,05	0,07	0,06
	2022	0,75	0,14	0,05	0,08	0,07	0,74	0,21	0,06	0,05	0,07	0,75	0,18	0,06	0,06	0,07
	Dif.	0,07	0,01	0,00	0,00	0,01	0,08	0,01	0,00	-0,01	0,01	0,06	0,03	0,01	-0,01	0,01
Cais da Pedra	2019	0,61	0,12	0,05	0,08	0,06	0,59	0,18	0,06	0,06	0,04	0,62	0,13	0,05	0,07	0,05
	2022	0,68	0,13	0,05	0,08	0,05	0,67	0,19	0,05	0,06	0,04	0,68	0,17	0,05	0,07	0,04
	Dif.	0,07	0,01	0,00	0,00	-0,01	0,08	0,01	-0,01	0,00	0,00	0,06	0,04	0,00	0,00	-0,01

Tabela 16 – Fase (°) dos principais constituintes harmónicos, correspondentes às campanhas de julho e agosto de 2019 e 2022, e respetiva diferença.

LOCAL DE MEDIÇÃO	ANO	JULHO					AGOSTO					TOTAL				
		M ₂	S ₂	O ₁	K ₁	M ₄	M ₂	S ₂	O ₁	K ₁	M ₄	M ₂	S ₂	O ₁	K ₁	M ₄
Carregal	2019	143	208	26	140	110	143	211	24	145	120	143	210	25	145	116
	2022	140	218	20	141	96	142	208	24	143	101	141	213	23	141	98
	Dif.	-3	10	-6	1	-14	-1	-3	0	-2	-19	-2	3	-2	-4	-18
Puxadouro	2019	151	222	40	151	205	152	226	34	156	213	151	225	39	154	209
	2022	144	229	33	160	111	145	216	35	165	117	145	222	34	162	113
	Dif.	-7	7	-7	9	-94	-7	-10	1	9	-96	-6	-3	-5	8	-96
Torreira	2019	120	175	7	114	92	124	183	6	124	110	121	178	7	119	99
	2022	120	184	345	125	92	120	176	5	123	92	120	180	9	121	84
	Dif.	0	9	338	11	0	-4	-7	-1	-1	-18	-1	2	2	2	-15
Cais do Bico	2019	114	167	0	106	35										
	2022	113	176	360	112	28	114	169	3	116	33	114	172	2	113	30
	Dif.	-1	9	360	6	-7										
Rio Novo	2019	103	152	352	96	352	105	149	349	99	2	103	153	353	101	354
	2022	103	161	356	100	351	104	154	354	108	354	104	158	355	103	352
	Dif.	0	9	4	4	-1	-1	5	5	9	352	1	5	2	2	-2
Vagueira	2019	106	155	355	100	122	109	162	358	110	141	106	157	356	105	128
	2022	102	156	349	99	45	104	151	349	105	72	103	154	349	102	60
	Dif.	-4	1	-6	-1	-77	-5	-11	-9	-5	-69	-3	-3	-7	-3	-68
Areão	2019	153	203	31	138	272	153	208	23	153	275	153	207	28	145	274
	2022	130	191	14	130	200	132	184	11	141	205	131	187	12	135	202
	Dif.	-23	-12	-17	-8	-72	-21	-24	-12	-12	-70	-22	-20	-16	-10	-72
Vista Alegre	2019	135	194	35	136	100	133	198	30	147	105	134	195	33	142	103
	2022	131	201	31	140	80	132	192	26	151	85	132	196	29	144	82
	Dif.	-4	7	-4	4	-20	-1	-6	-4	4	-20	-2	1	-4	2	-21
Cais da Pedra	2019	149	214	45	142	119	147	217	38	151	124	148	216	41	148	122
	2022	142	220	38	145	94	144	209	35	155	99	144	214	37	149	99
	Dif.	-7	6	-7	3	-25	-3	-8	-3	4	-25	-4	-2	-4	1	-23

Relativamente à fase do constituinte M₂ (Tabela 16), verifica-se que esta quase não variou nos locais de medição do Rio Novo, Torreira, Carregal e Vista Alegre, sendo as variações inferiores a 2° (~4 minutos) nestes locais. No Puxadouro e Areão a fase do constituinte M₂ diminuiu 6° e 22°, respetivamente, o que significa que a maré chega 13 minutos e 45 minutos, mais cedo a estes locais comparativamente a 2019 (pré-

dragagem). Quanto ao constituinte M_4 , verifica-se que a fase deste constituinte diminuiu consideravelmente (entre 68° e 96°) nos locais de medição do Puxadouro, Vagueira, Areão, indicando que a forma da onda de maré se alterou nestas estações. Nos locais de medição da Vista Alegre, Cais da Pedra e Carregal observaram-se decréscimos de aproximadamente 20° e nos restantes locais as variações são consideradas irrelevantes. As diferenças identificadas na fase dos restantes constituintes (S_2 , O_1 , K_1) são consideradas irrelevantes.

Na Figura 34, Figura 36, Figura 38 e Figura 40 apresenta-se a evolução cronológica das atividades de dragagens efetuadas na envólveia e/ou acesso aos locais de medição que evidenciaram maiores alterações na maré e na Figura 35, Figura 37, Figura 39 e Figura 41 mostra-se a diferença de profundidade entre os levantamentos batimétricos efetuados após e antes das dragagens. A informação acerca das datas das intervenções, respetivos volumes dragados e levantamento batimétrico pós-dragagem foi cedida pela POLIS.

A Figura 34 refere-se às atividades realizadas na envólveia ao Cais do Bico, as quais englobam intervenções desde o Bico do Moranzel ao Esteiro da Cambeia (3.A, 3.B e 3.C, com volumes dragados de 9994 m^3 , 115735 m^3 e 3772 m^3) e acesso aos cais de Pardelhas, Cambeia, Bico e Cova do Chegado (3.1, 3.2, 3.3 e 3.4, com volumes dragados de $8355,4 \text{ m}^3$, $2819,5 \text{ m}^3$, 5440 m^3 e 11427 m^3). A dragagem do Bico do Moranzel ao Esteiro da Cambeia iniciou em outubro de 2019 e prolongou-se até novembro de 2021, contudo estas foram interrompidas durante vários meses consecutivos neste período. Atendendo aos volumes dragados e aos períodos das intervenções podemos concluir que as maiores variações de batimetria deverão ter ocorrido após setembro de 2020. É interessante notar que a evolução da maré no local de medição do Cais do Bico é concordante com esta evidência, pois a amplitude dos constituintes harmónicos M_2 e S_2 manteve-se praticamente inalterada nos meses de julho e agosto de 2019 e 2020, tendo depois amplificado possivelmente em resposta às dragagens efetuadas na região. A Figura 35 mostra que a profundidade aumentou desde o interior do canal de São Jacinto até ao Cais do Bico, tendo-se identificado regiões a partir do Cais do Bico até ao Esteiro da Cambeia que aumentaram a profundidade e outras que diminuíram. Em média, o canal aprofundou $0,36 \text{ m}$, sendo no entanto importante salientar que algumas regiões localizadas junto ao canal de São Jacinto aprofundaram 5 m .

Na Figura 36 apresenta-se a evolução cronológica das atividades de dragagens efetuadas no Canal de Mira, que envolveram intervenções desde a ponte da Barra à conduta AdCL (ex-SIMRIA) (4.1.A e 4.1.B, com volume dragado de 42889 m^3), da conduta AdCL (ex-SIMRIA) à ponte da Vagueira (4.2.A e 4.2.B, com volume dragado de 123814 m^3), da ponte da Vagueira ao Areão (4.3.A, 4.3.B e 4.3.C, com volume dragado de $51549,7 \text{ m}^3$) e ligação aos portos de Recreio da ANGE/Gaf. Encarn, de Recreio do CVCN/Costa Nova e de Abrigo da Costa Nova (4.4, 4.5 e 4.6, com volumes dragados de 44478 m^3 , $2819,5 \text{ m}^3$ e 13956 m^3). Nesta região as dragagens decorreram em contínuo entre novembro de 2019 e outubro de 2021, denotando alterações batimétricas em todo o período. De facto, a evolução das características da maré na Vagueira e

no Areão é consistente com esta evidência, já que em julho e agosto de 2020 se identificou uma amplificação de 0,04 m do constituinte M_2 no local de medição da Vagueira em consonância com as variações batimétricas efetuadas até à data. A análise aos registos maregráficos de 2022 no mesmo local revelaram ter havido uma amplificação de 0,04 m em ambos os constituintes semidiurnos entre 2020 e 2022. Devido à inexistência de dados maregráficos no Areão nos meses de julho e agosto de 2020 e 2021, não foi possível identificar o momento a partir do qual a maré amplificou. A Figura 37 mostra que no geral o canal de Mira aprofundou em toda a sua extensão, no entanto convém notar que algumas regiões restritas diminuíram de profundidade. Neste caso, o canal de Mira aprofundou em média 0,33 m, tendo sido observados aprofundamentos de 4 m em algumas regiões restritas.

Na Figura 38 apresenta-se a evolução cronológica das atividades de dragagens efetuadas no Canal de Ílhavo, que envolveram intervenções desde a ponte da A25 à ponte de Ílhavo (5.1.A e 5.1.B, com volumes dragados de 1584,1 m³ e 7794 m³), da ponte de Ílhavo à zona dos achados arqueológicos e envolvente (5.2.A com volume dragado de 21949 m³), da ponte de Ílhavo à ponte da Vista Alegre (5.2.B, com volume dragado de 7320,3 m³), da ponte da Vista Alegre à ponte da Água Fria (5.3.I, com volume dragado de 5747,6 m³), da ponte da Água Fria à ponte da Fareja (5.4.A, com volume dragado de 57699 m³), da ponte da Fareja ao cais dos Moliceiros (5.4.B, com volume dragado de 18153,9 m³) e acesso aos cais da Gafanha d'Áquem, da Malhada e junto ao restaurante Palheiro (5.5, 5.6 e 5.7, com volumes dragados de 512,6 m³, 4895 m³ e 1154 m³). Neste canal, as atividades de dragagens ocorreram em contínuo entre setembro de 2019 e fevereiro de 2022. O registo maregráfico da Vista Alegre evidencia que as maiores alterações na maré ocorreram entre 2019 e 2020. De facto, nos meses de julho e agosto entre 2019 e 2020 a amplitude do constituinte M_2 amplificou 0,07 m e registou ligeiras variações (da ordem de 0,03 m) após 2020. A amplitude do constituinte S_2 quase não variou (inferior a 0,02 m) nos meses em análise. Devido a interrupções nos registos maregráficos no local de medição do Cais da Pedra, não foi possível identificar o momento a partir do qual os constituintes de maré semidiurnos amplificaram. A Figura 39 mostra que no geral o canal de Ílhavo também aprofundou em toda a sua extensão, sendo também evidente que algumas regiões restritas diminuíram de profundidade. Em média o canal aprofundou 0,27 m relativamente à fase pré-dragagem, tendo-se observado aprofundamentos de 3 m em algumas regiões restritas.

Na Figura 40 apresenta-se a evolução cronológica das atividades de dragagens efetuadas junto ao Puxadouro, que envolveram intervenções desde a ponte da Varela ao Esteiro da Tijosa (2.A e 2.B, com volumes dragados de 1850 m³ e 1637 m³) e acesso ao cais do Puxadouro (2.2.A, 2.2.B e 2.2.C, com volumes dragados de 7268 m³, 21183 m³ e 6774 m³). As atividades iniciaram em maio de 2020 e prolongaram-se até setembro de 2021, havendo a registar uma interrupção nas atividades entre setembro de 2020 e março 2021. O registo de maré do Puxadouro revela que em julho e agosto de 2020 a amplitude do constituinte M_2 tinha aumentado 0,07 m relativamente a 2019, denotando que as dragagens ocorridas até agosto de 2020 poderão

estar na origem dessas alterações. Entre agosto 2020 e agosto 2022 as variações encontradas nas características dos constituintes semidiurnos são negligenciáveis, evidenciando que as dragagens ocorridas após agosto 2020 tiveram um impacto muito reduzido neste local. É importante realçar que outras atividades de dragagens (além das ocorridas na envolvência deste local) poderão ter contribuído para a amplificação da maré no Puxadouro. Como esta estação está localizada num extremo Norte da laguna, as dragagens ocorridas em toda a extensão do canal de São Jacinto (desde São Jacinto até Ovar) podem influenciar a maré neste local. Neste sentido, importa realçar que os volumes dragados até agosto de 2020 nas intervenções desde a ponte da Varela ao Carregal (1.A e 1.B, com volumes dragados de 89232,5 m³ e 16303,1 m³) e no acesso ao cais da Bestida (1.4.A e 1.4.B, com volumes dragados de 17214,6 m³ e 44731,5 m³) deverão ter contribuído para a amplificação da maré no Puxadouro. A Figura 41 revela que o canal que liga a Varela ao Puxadouro aprofundou em toda a sua extensão, sendo também perceptíveis algumas regiões restritas onde a profundidade diminuiu. Em média este canal aprofundou 0,25 m relativamente à fase pré-dragagem, tendo-se observado aprofundamentos de 2,3 m em algumas regiões.

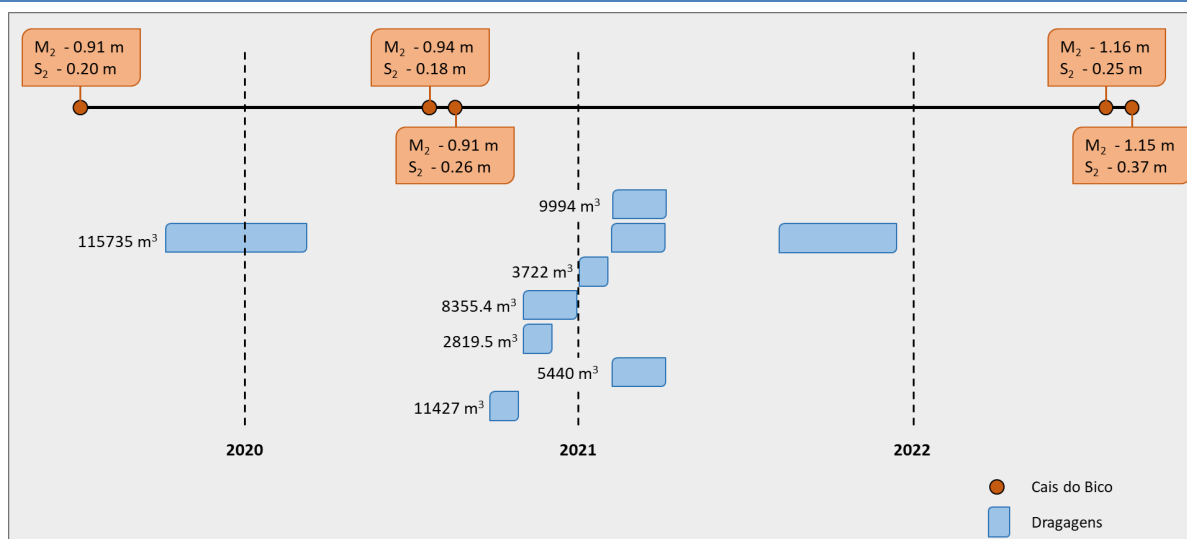


Figura 34 – Representação esquemática dos períodos em que foram efetuadas dragagens junto à estação do Cais do Bico com indicação dos respetivos volumes dragados. Na linha do tempo apresenta-se a amplitude dos constituintes de maré semidiurnos no Cais do Bico nos meses de julho e agosto entre 2019 e 2022.

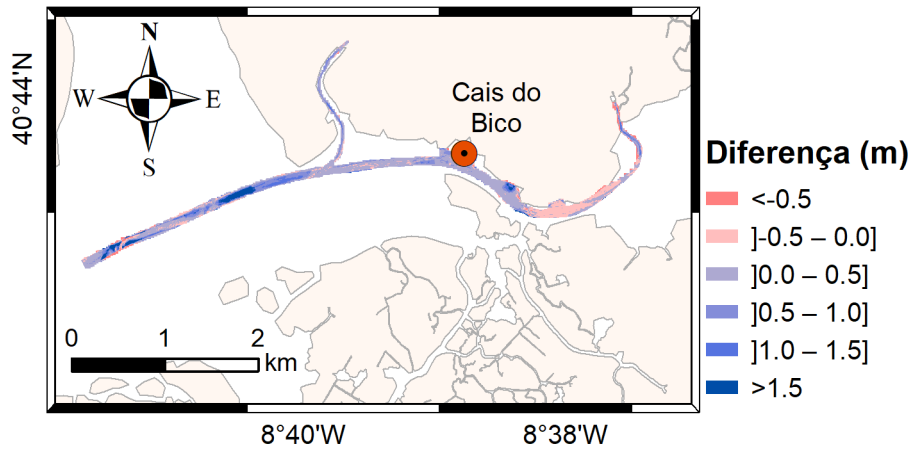


Figura 35 – Mapa de diferença de profundidade (m) entre os levantamentos batimétricos realizados após e antes das dragagens junto à estação do Cais do Bico.

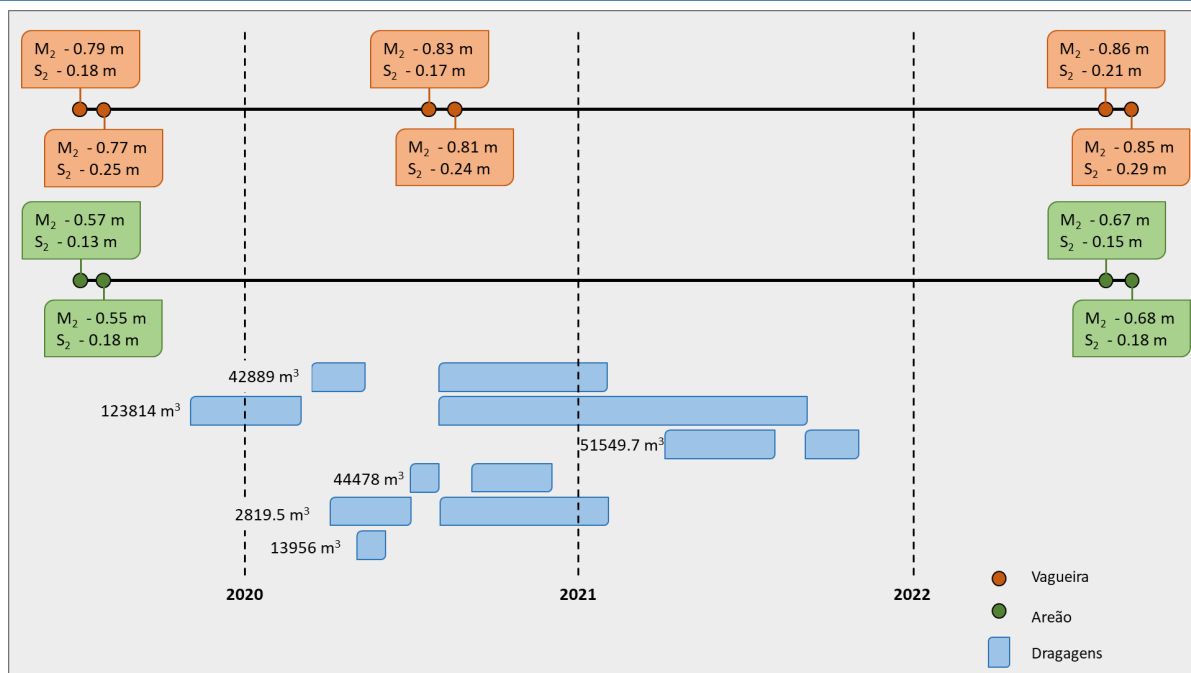


Figura 36 – Representação esquemática dos períodos em que foram efetuadas dragagens no canal de Mira com indicação dos respetivos volumes dragados. Na linha do tempo apresenta-se a amplitude dos constituintes de maré semidiurnos na Vagueira e Areão nos meses de julho e agosto entre 2019 e 2022.

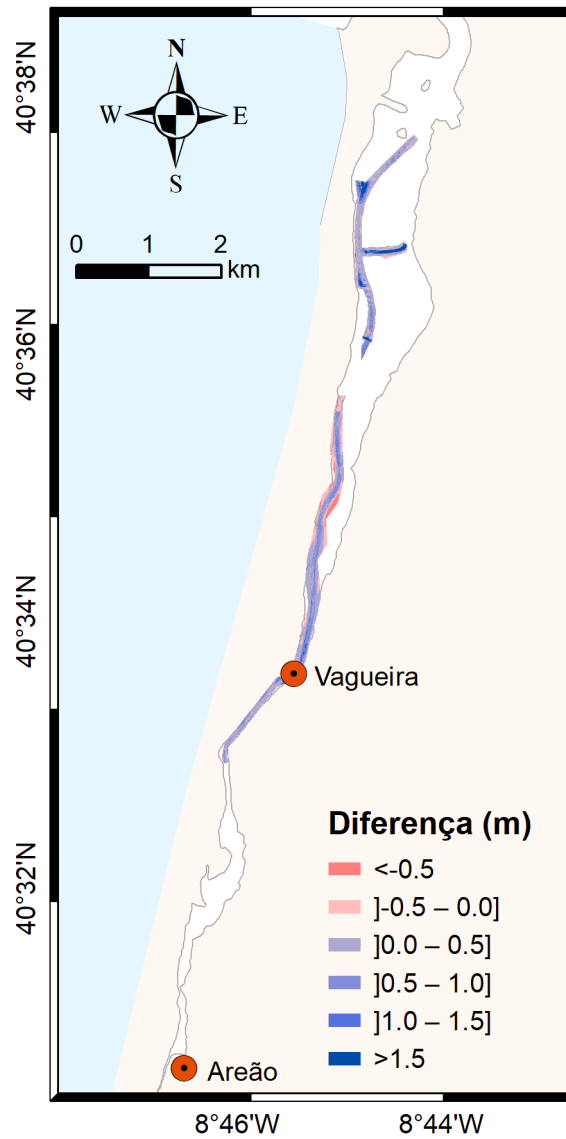


Figura 37 – Mapa de diferença de profundidade (m) entre os levantamentos batimétricos realizados após e antes das dragagens no canal de Mira.

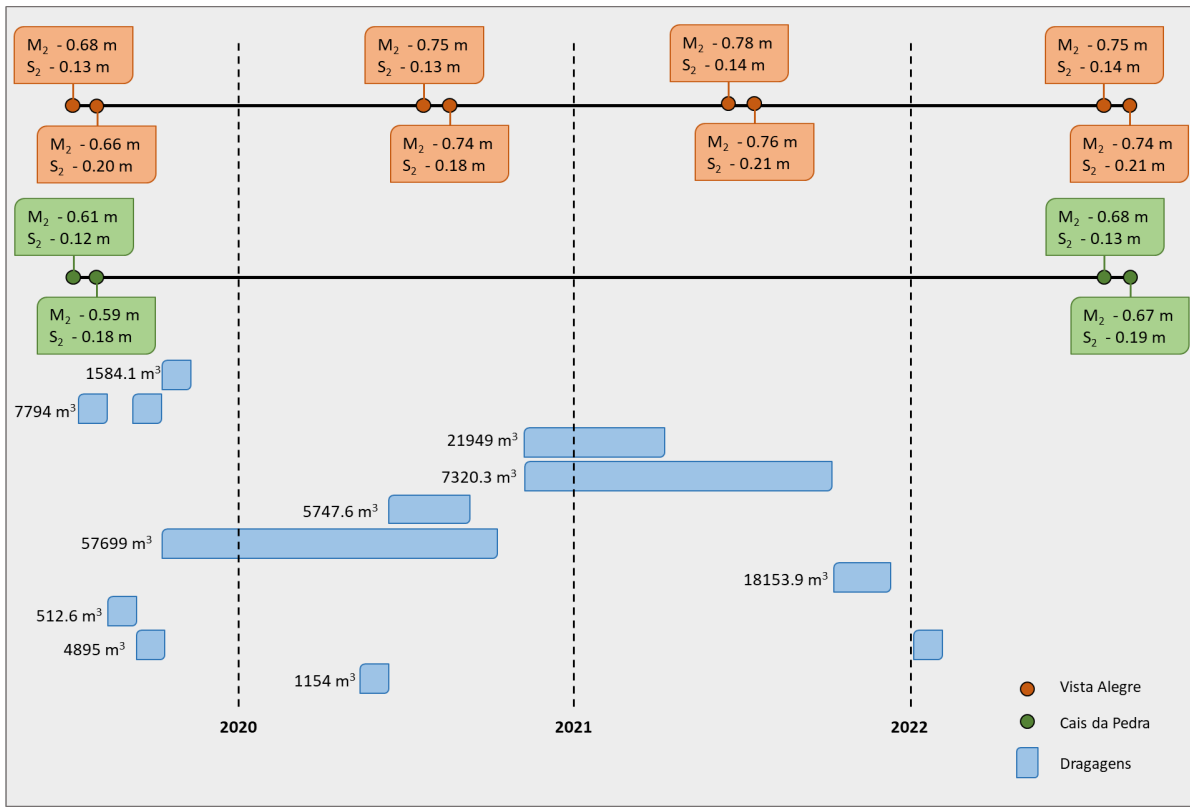


Figura 38 - Representação esquemática dos períodos em que foram efetuadas dragagens no canal de Ílhavo com indicação dos respetivos volumes dragados. Na linha do tempo apresenta-se a amplitude dos constituintes de maré semidiurnos na Vista Alegre e Cais da Pedra nos meses de julho e agosto entre 2019 e 2022.

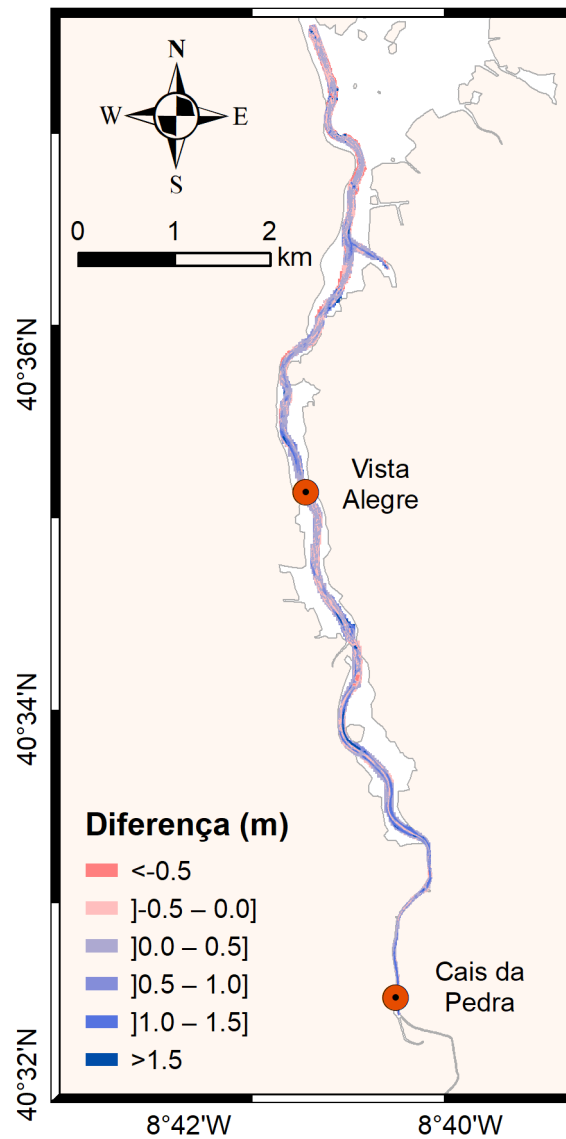


Figura 39 – Mapa de diferença de profundidade (m) entre os levantamentos batimétricos realizados após e antes das dragagens no canal de Ílhavo.

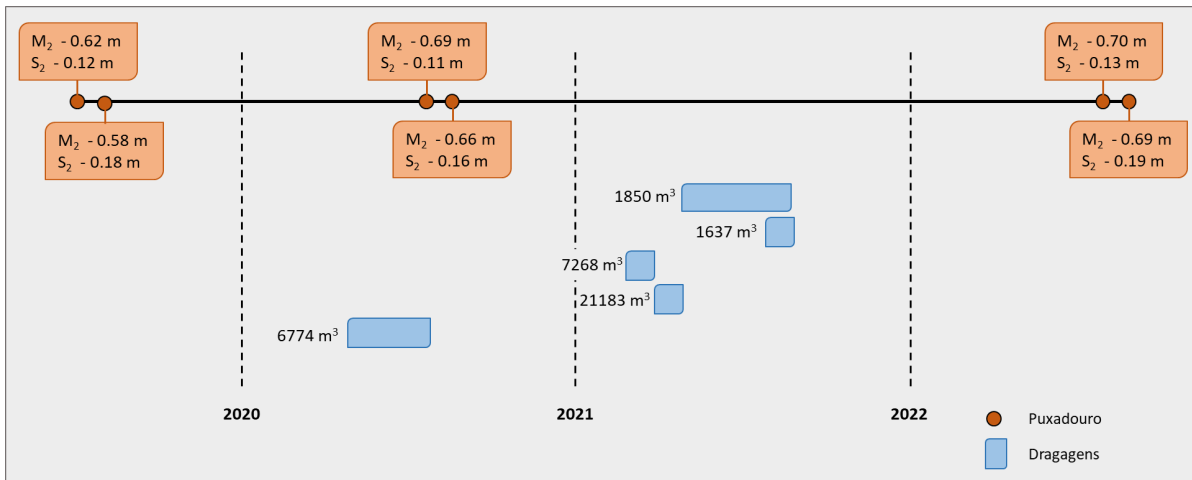


Figura 40 – Representação esquemática dos períodos em que foram efetuadas dragagens junto ao Puxadouro com indicação dos respetivos volumes dragados. Na linha do tempo apresenta-se a amplitude dos constituintes de maré semidiurnos no Puxadouro nos meses de julho e agosto entre 2019 e 2022.

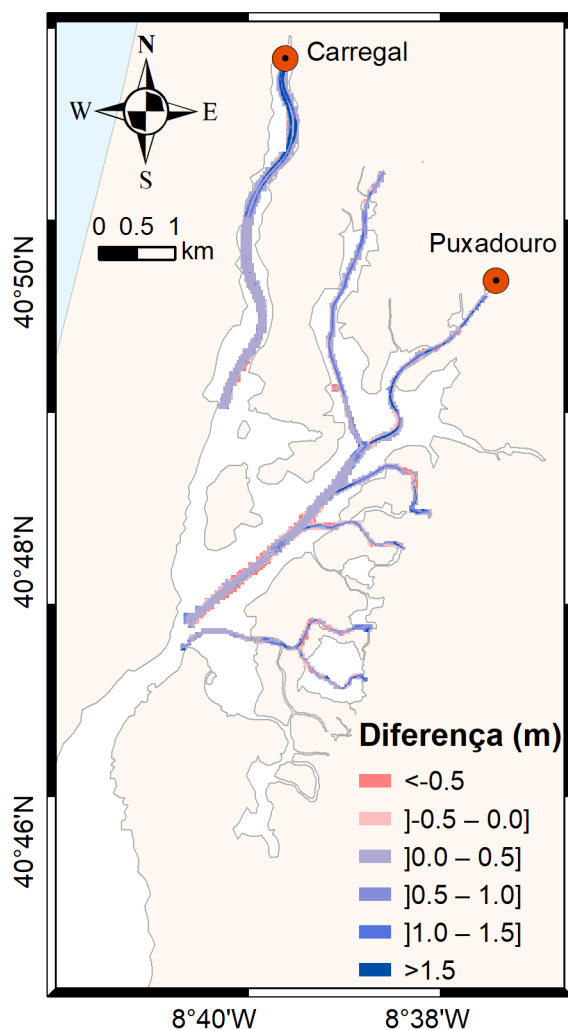


Figura 41 – Mapa de diferença de profundidade (m) entre os levantamentos batimétricos realizados após e antes das dragagens junto ao Puxadouro.

4.2.5 Alterações de maré entre 1987/88 e 2022

Da Figura 42 à Figura 46 apresenta-se a evolução da amplitude e fase dos constituintes semidiurnos (M_2 , S_2), diurnos (O_1 , K_1) e de águas pouco profundas (M_4) desde 1987/88 nos 9 locais de medição.

Os resultados demonstram que a amplitude do constituinte M_2 aumentou e que a fase diminuiu (Figura 42) em todos os locais de medição desde 1987/88, sendo os locais Vista Alegre e Cais da Pedra, situados no Canal de Ílhavo, os que apresentaram menores alterações, tanto na amplitude como na fase. Por outro lado, os locais de medição do Carregal, Puxadouro, Torreira e Cais do Bico, localizados no Canal de S.

Jacinto/Ovar, e da Vagueira e Areão, localizados no Canal de Mira, foram os que experienciaram maiores alterações no constituinte M_2 . Analisando os locais de medição onde existem dados em todas as campanhas (Cais do Bico, Rio Novo, Vista Alegre e Vagueira) verificam-se comportamentos distintos. É notório que no Cais do Bico a amplitude do constituinte M_2 aumentou em dois períodos distintos, o primeiro entre 1987/88 e 2002/04, e o segundo entre 2021 e 2022. Na Vista Alegre é evidente a amplificação do constituinte M_2 entre 1987/88 e 2002/04 e um crescimento gradual entre 2019 e 2022. Já na Vagueira e Rio Novo é evidente a amplificação do constituinte M_2 entre 1987/88 e 2002/04, contudo a partir de 2002/04 a amplitude do constituinte M_2 manteve-se praticamente constante. A evolução da amplitude e fase do constituinte S_2 (Figura 43) é similar à descrita anteriormente para o constituinte M_2 , verificando-se no geral um aumento da amplitude e diminuição da fase desde 1987/88. Para o constituinte O_1 (Figura 44), verifica-se que há locais de medição onde a amplitude aumentou e outros onde se manteve, não tendo sido detetado um padrão para a evolução da fase, identificando-se locais de medição onde esta aumenta e outros onde diminui. No caso do constituinte K_1 (Figura 45), constata-se que no geral a sua amplitude aumentou e a fase diminuiu desde 1987/88. Analisando as variações na amplitude entre 2002/04 e 2022 nos locais de medição onde existem dados (Cais do Bico, Rio Novo, Vista Alegre e Vagueira), não há evidências de um padrão de aumento ou diminuição, havendo anos em que a amplitude aumenta e outros em que diminui. Relativamente ao constituinte M_4 (Figura 46), observa-se que no geral a amplitude aumentou desde 1987/88 em todos os locais, exceto na Vagueira e Cais da Pedra, onde aumentou, e na Torreira onde se manteve inalterada. A fase descreve um comportamento oposto, diminuindo em todos os locais de medição, exceto no Areão onde aumentou.

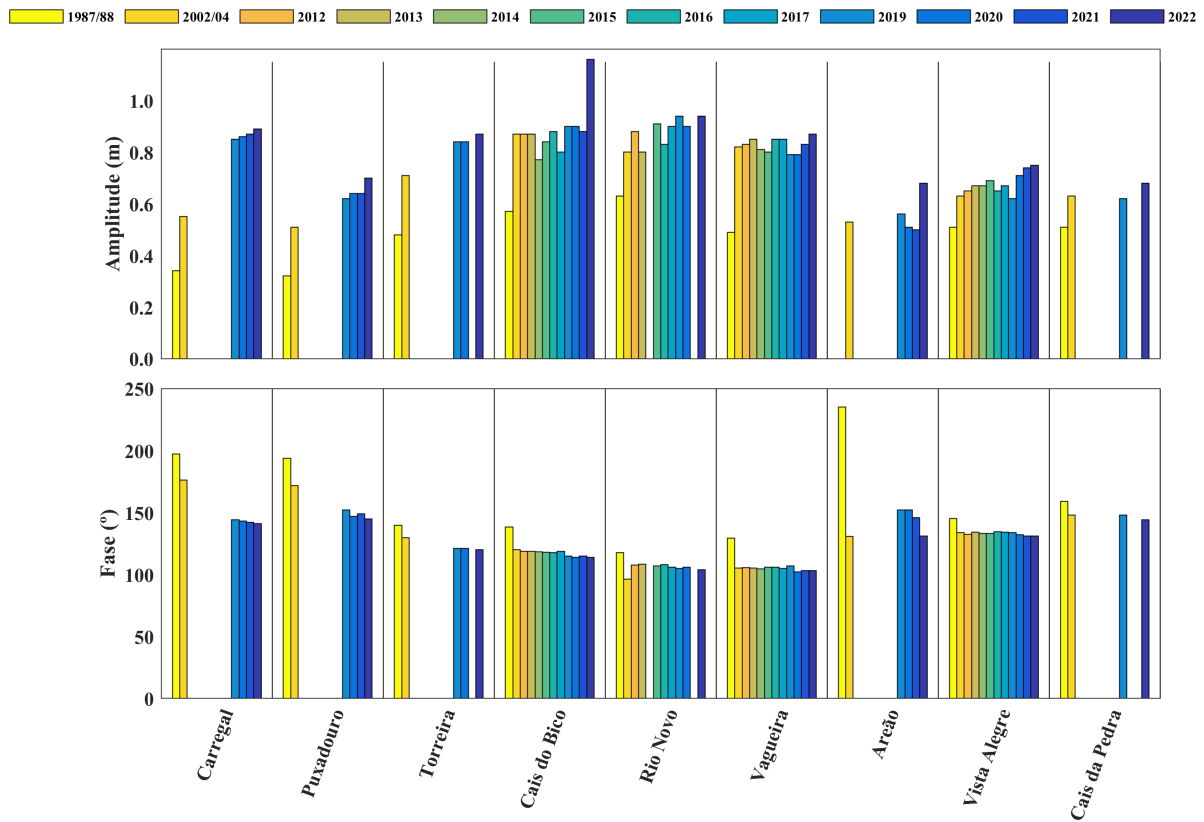


Figura 42– Evolução temporal da amplitude (m) e fase (°) do constituinte M₂ nos 9 locais de medição.

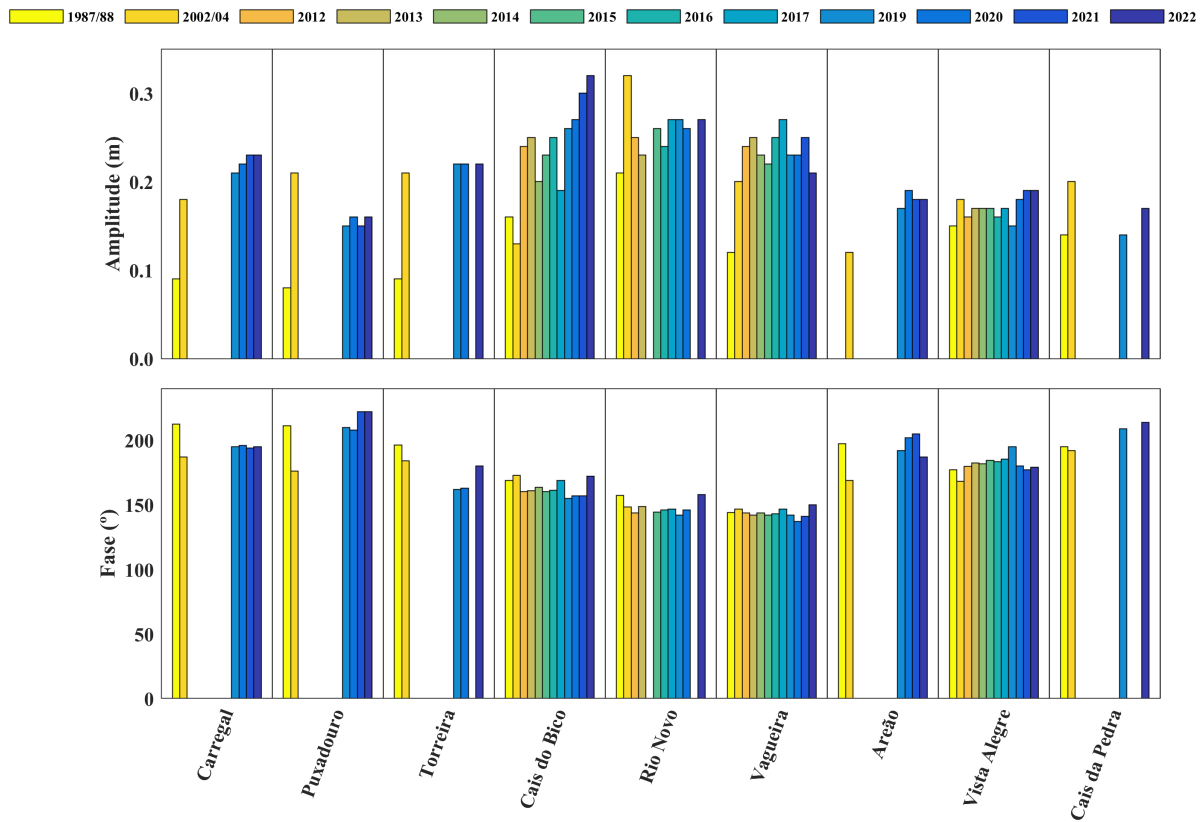


Figura 43 – Evolução temporal da amplitude (m) e fase (°) do constituinte S₂ nos 9 locais de medição.

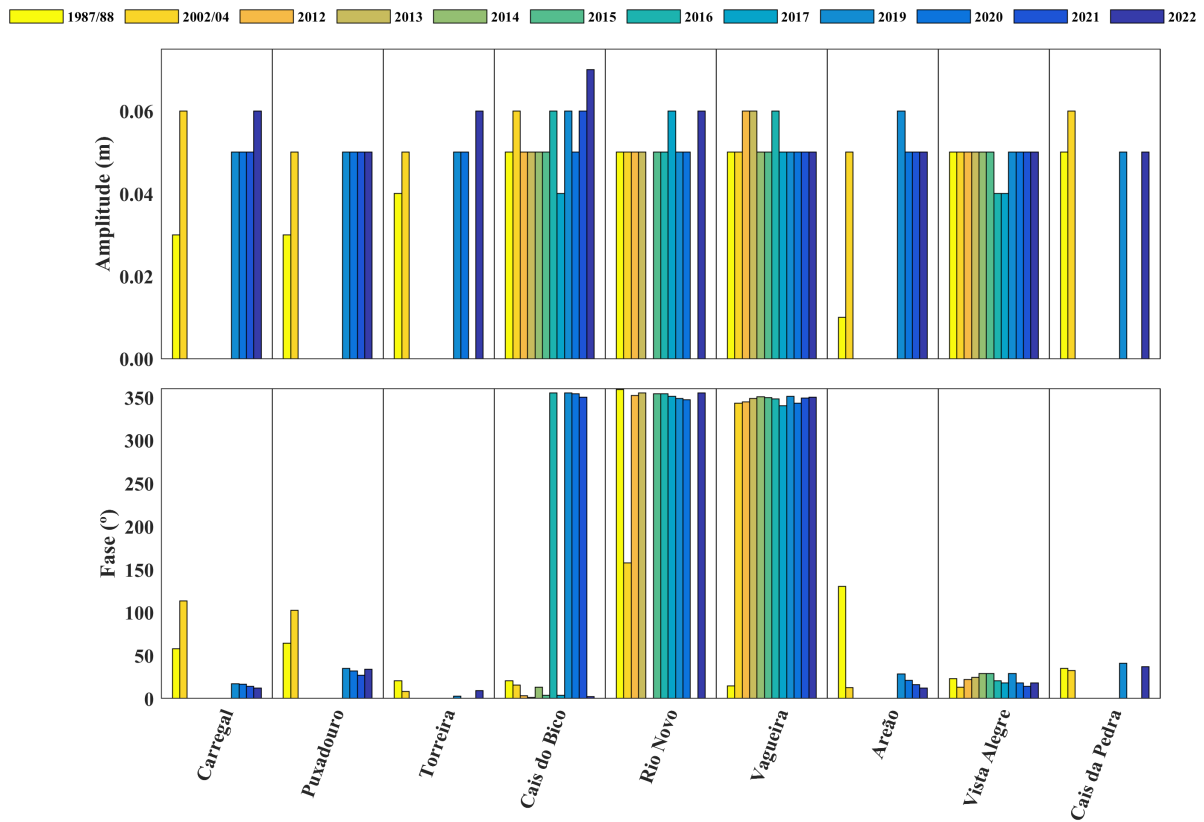


Figura 44 - Evolução temporal da amplitude (m) e fase (°) do constituinte O₁ nos 9 locais de medição.

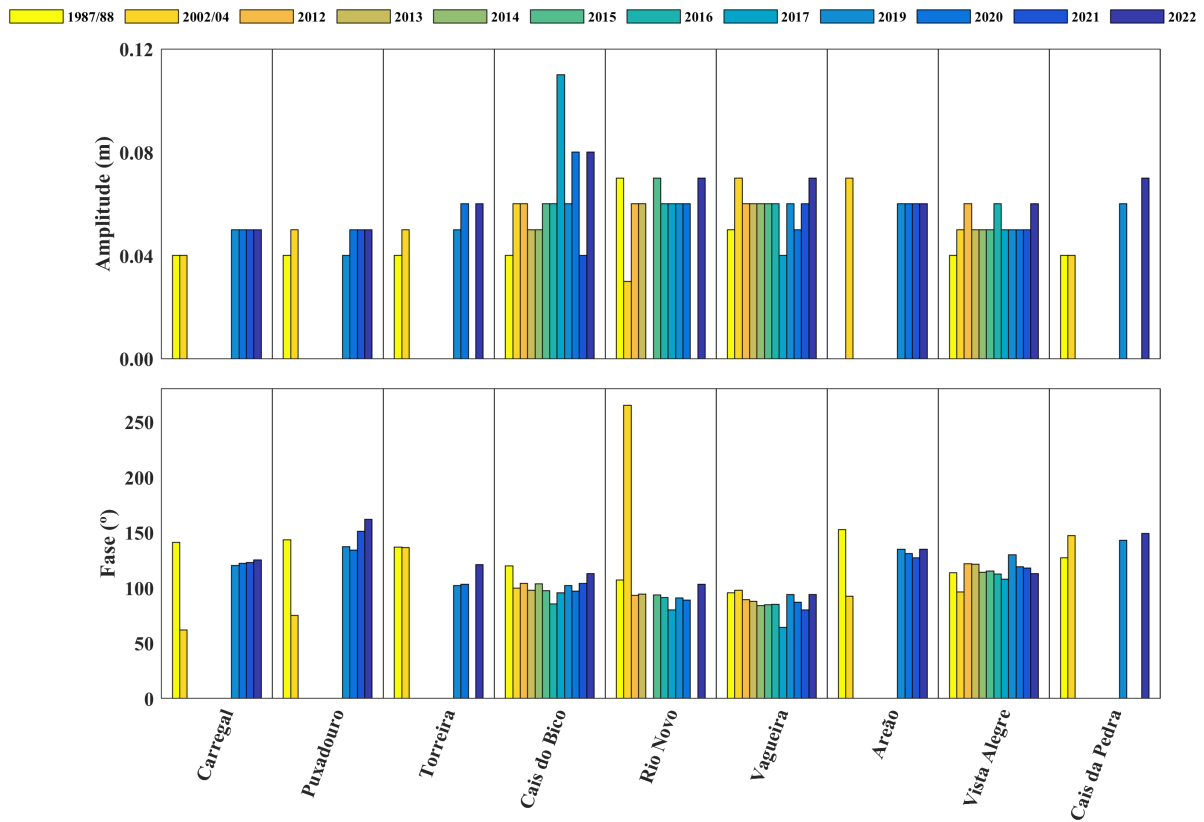


Figura 45 – Evolução temporal da amplitude (m) e fase (°) do constituinte K₁ nos 9 locais de medição.

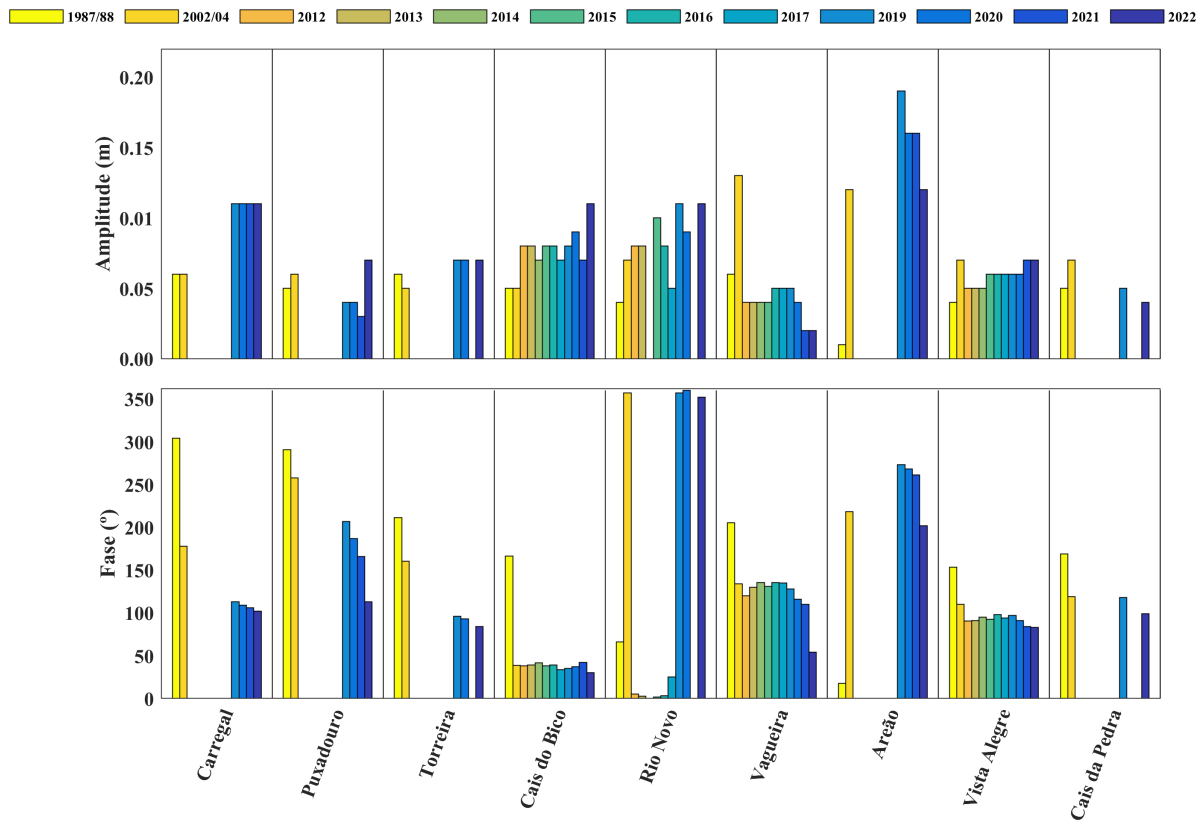


Figura 46 – Evolução temporal da amplitude (m) e fase (°) do constituinte M₄ nos 9 locais de medição.

5 CONCLUSÕES

O presente RM refere-se à monitorização, em fase de pós-dragagem, das variáveis intensidade da corrente e nível de maré, constantes no PM do fator hidrologia / hidrodinâmica da Intervenção de Transposição de Sedimentos para Otimização do Equilíbrio Hidrodinâmico na Ria de Aveiro, e tem como principal objetivo avaliar o estado atual da hidrologia / hidrodinâmica no cenário pós-dragagens na Ria de Aveiro.

Foram monitorizados um total de 16 locais, dos quais 7 locais são referentes à avaliação da intensidade de corrente (Varela; Moranzel; Parrachil; Costa Nova; Vagueira; Cais da Pedra e Vista Alegre) e 9 são referentes à avaliação de nível de maré (Carregal; Puxadouro; Torreira; Cais do Bico; Rio Novo; Vagueira; Areão; Vista Alegre e Cais da Pedra).

A análise dos resultados obtidos para a medição da intensidade da corrente na Ria de Aveiro, na campanha da fase de pós-dragagem, realizada em agosto e setembro de 2022, permite retirar algumas conclusões acerca de diferenças entre locais de medição, regiões diferentes da Ria e também permitem aferir diferenças na intensidade da corrente medidas em 2019 (cenário pré-dragagem)

Este trabalho permite concluir, da análise dos resultados obtidos para a medição da intensidade da corrente, que globalmente decorreu uma ligeira diminuição da intensidade média da corrente entre 2019 e 2022, para condições semelhantes de amplitude de maré. Os resultados mostram apenas aumento da intensidade média no Parrachil e na Vagueira, e igual intensidade média no Cais da Pedra, casos onde as medições foram efetuadas em situação de maior amplitude de maré. Os resultados da razão entre a intensidade da corrente local máxima e a amplitude local de maré mostram uma diminuição generalizada de 2019 para 2022, exceto para a região central da Ria de Aveiro, na localização de Parrachil.

De uma forma geral, as variações na intensidade da corrente não devem ser consideradas como sendo apenas devidas a variações do valor da amplitude de maré, podendo decorrer de mudanças na cota batimétrica em regiões a montante e/ou jusante dos pontos de amostragem. De facto, e considerando também os resultados obtidos para a medição do nível de maré e sua interpretação face às informações existentes sobre as operações de dragagem efetuadas no período de 2019 a 2022, parece evidente que o aprofundamento de vários canais da Ria de Aveiro conduziu à diminuição da intensidade do escoamento de maré em vários locais da laguna.

Os resultados da evolução temporal da intensidade da corrente foram também utilizados para aferir a existência, ou não, de uma dominância de enchente ou de vazante nos locais de medição. Assim, verifica-se que, na generalidade, não é possível inferir a existência de assimetria de maré, exceto para as estações da Vagueira e da Vista Alegre onde foi encontrada um predominância de correntes de enchente e vazante,

respetivamente. Apenas a estação da Vagueira mantém as mesmas características de assimetria de maré em relação aos resultados da amostragem de 2019.

Da análise dos resultados obtidos para a medição do nível de maré, na campanha da fase de pós-dragagem, realizada entre 8 de julho e 8 de setembro de 2022 na Ria de Aveiro, é possível retirar algumas conclusões relativamente à propagação da maré astronómica ao longo dos canais da laguna. Concluiu-se que a maré astronómica apresenta um padrão característico da costa de Portugal, com duas Preias-Mar e duas Baixa-Mar diárias, evidenciando uma ligeira desigualdade diurna, assim como o ciclo quinzenal marés vivas/marés mortas. Este padrão é idêntico ao reportado no relatório anterior relativo à fase de pré-dragagens. A análise das constantes harmónicas evidenciou que a maré astronómica apresentou características idênticas nos meses de julho e agosto de 2022, já que a amplitude e fase dos constituintes principais determinadas para os dois meses de registo são semelhantes. Verificou-se que à medida que a maré se propaga pelos canais da laguna a amplitude diminui e a fase aumenta, em resposta ao aumento da fricção de fundo motivada pela redução da profundidade dos canais. Este comportamento também é semelhante ao reportado anteriormente no relatório da fase de pré-dragagem.

No presente estudo quantificaram-se as alterações das características da maré entre 2019 e 2022 nos 9 locais de medição, e avaliou-se o efeito das atividades de dragagens na propagação da maré na laguna. Os resultados evidenciam que as atividades de dragagem potenciaram alterações nas características da maré nos locais de medição do Puxadouro, Cais do Bico, Vagueira, Areão, Vista Alegre e Cais da Pedra, tendo-se verificado em todos os locais uma intensificação da ação da maré. Destes locais, o Cais do Bico foi o que experienciou maiores alterações na elevação da superfície livre, tendo a amplitude do constituinte M_2 aumentado 0,25 m relativamente a 2019. De destacar que o aumento da amplitude maré neste local provocou uma diminuição de 0,17 m no nível de Baixa-Mar e um aumento de 0,46 m no nível de Preia-Mar. Concluiu-se que as alterações identificadas nos níveis de maré são consistentes e concordantes com as atividades de dragagens ocorridas nas imediações deste local. No local de amostragem do Puxadouro detetou-se um aumento da amplitude do constituinte M_2 de 0,08 m, no entanto neste local este aumento refletiu-se numa redução de 0,30 m e 0,10 m nos níveis de Baixa-Mar e Preia-Mar, respetivamente. Neste caso, a amplificação da maré poderá ter sido devida às atividades de dragagens ocorridas em toda a extensão do canal de São Jacinto-Ovar. Os locais de medição localizados no canal de Mira experienciaram um aumento na amplitude de maré (0,12 m e 0,07 m no Areão e Vagueira, respetivamente), contudo, e contrariamente aos locais anteriores, não se conseguiu identificar um padrão claro de aumento ou diminuição nos níveis de Preia-Mar e Baixa-Mar. Concluiu-se que a amplitude de maré aumentou gradualmente entre 2019 e 2022 na Vagueira, em conformidade com as atividades de dragagem que ocorreram neste período no canal de Mira. É importante notar que as alterações identificadas no Areão não se devem apenas às atividades de dragagens, uma vez que os dados de 2022 foram medidos num ponto localizado 1000 m a Norte do local

inicial devido à impossibilidade de realizar a medição no local em que tinham sido realizadas as medições na fase pré-dragagem. Em ambos os locais de medição localizados no canal de Ílhavo (Vista Alegre e Cais da Pedra) observou-se um aumento na amplitude do constituinte M_2 de 0,06 m relativamente a 2019. Também nestes locais, é evidente a concordância entre as alterações encontradas nas características da maré e as atividades de dragagens. Nos locais de amostragem do Carregal, Torreira e Rio Novo não se detetaram alterações nos constituinte semidiurnos relativamente a 2019, denotando que as atividades de dragagem não amplificaram a onda de maré nestes locais. Concluiu-se ainda que as dragagens provocaram alterações na amplitude e fase do constituinte de águas pouco profundas em quase todos os locais de medição (Carregal, Puxadouro, Vagueira, Areão, Vista Alegre e Cais da Pedra) denotando alterações na forma da onda de maré nestes locais. Por fim, conclui-se que as dragagens tiveram um impacto negligenciável nos constituintes diurnos.

De um modo geral, a análise efetuada às alterações da maré entre 1987/88 e 2022 permitiu identificar os locais de medição Carregal, Puxadouro, Torreira, Cais do Bico, Vagueira e Areão como aqueles que experienciaram alterações mais significativas. Por outro lado, nos locais de medição situados no Canal de Ílhavo registaram-se as menores alterações nas características da maré.

6 BIBLIOGRAFIA

- Agri-Pro Ambiente, (2015). Estudo de Impacte Ambiental do Projeto de Transposição de Sedimentos para Otimização do Equilíbrio Hidrodinâmico na Ria de Aveiro e Barrinha de Mira. Agri-Pro Ambiente Consultores S.A, junho de 2015. Lisboa.
- Pawlowicz et al., (2002), Classical tidal harmonic analysis including error estimates in MATLAB using T_TIDE. Canada. Computers & Geosciences 28, 929-937



MONITAR
engenharia do ambiente

GERAL@MONITAR.PT
WWW.MONITAR.PT