

PROGRAMA DE MONITORAMENTO DO RIO SÃO FRANCISCO DURANTE O PERÍODO DE VAZÃO REDUZIDA

ADITIVO CTNE-70.2018.6530.01



EXECUÇÃO:



RELATÓRIO MENSAL DE MONITORAMENTO DA CUNHA SALINA



JUNHO, 2021

**PROGRAMA DE MONITORAMENTO DO RIO SÃO FRANCISCO
DURANTE O PERÍODO DE VAZÃO REDUZIDA**

ADITIVO CTNE-70.2018.6530.01

**RELATÓRIO MENSAL DE MONITORAMENTO DA
CUNHA SALINA**

EXECUÇÃO:



RECIFE, 2021

Monitoramento dos parâmetros hidrológicos e meteorológicos com ênfase na intrusão salina no baixo São Francisco

Relatório mensal

Junho de 2021

Equipe Executora

Dr. William Severi (CREA 10.042-D) - Coordenador

Dr. Ernesto de Carvalho Domingues

Engenheiro de Pesca, Crea: PE 044600

Equipe de apoio

Msc. José Cavalcante de Oliveira Filho

Oceanógrafo

Sumário

1	Área de trabalho	11
2	Metodologia.....	12
3	Resultados.....	15
	MONITORAMENTOS MÓVEIS (LONGITUDINAIS)	15
	Dados hidrodinâmicos.....	21
	Campanhas móveis realizadas nos dias 09, 10 e 11 de junho de 2021	22
	Campanhas móveis realizadas nos dias 24 e 25 de junho de 2021	26
	Resultados do CTD	30
	MONITORAMENTO FIXO.....	40
	Dados hidrodinâmicos, campanhas fixas realizadas nos dias 09, 10, 23 e 24 de junho de 2021	41
	Resultados de salinidade e temperatura pontos fixos	46
4	CONSIDERAÇÕES FINAIS	51

Índice de Figuras

Figura 1: Série histórica de 2012 a 2021 do acúmulo de água nos reservatórios ao longo do rio São Francisco. Fonte: <www.ana.gov.br>.....	10
Figura 2: Localização das estações de monitoramento da introdução da cunha salina no trecho inferior do rio São Francisco. A posição das estações está marcada em vermelho..	11
Figura 3: Bomba de captação de água da cidade de Penedinho-AL.....	12
Figura 4: Instrumentos empregados na mensuração das variáveis meteorológicas e hidrológicas: CTD YSI CAsTaway (A), correntômetro Aquadopp Current Meter (B) e mini-estação Kestrel (C).....	14
Figura 5: Variação média da velocidade (barras azuis) e da direção (linha azul escuro) das correntes na coluna entre pelas estações de amostragem da cunha salina da foz do Rio São Francisco, durante a preamar da maré de sizígia (lua cheia) do dia 09 de junho de 2021.	22
Figura 6: Variação média da velocidade (barras azuis) e da direção (linha azul escuro) das correntes na coluna entre pelas estações de amostragem da cunha salina da foz do Rio São Francisco, durante baixamar da maré de sizígia (lua cheia) do dia 10 de junho de 2021.	23
Figura 7: Variação média da velocidade (barras azuis) e da direção (linha azul escuro) das correntes na coluna entre pelas estações de amostragem da cunha salina da foz do Rio São Francisco, durante preamar da maré de sizígia (lua cheia) do dia 10 de junho de 2021.	24
Figura 8: Variação média da velocidade (barras azuis) e da direção (linha azul escuro) das correntes na coluna entre pelas estações de amostragem da cunha salina da foz do Rio São Francisco, durante baixamar da maré de sizígia (lua cheia) do dia 11 de junho de 2021.	25
Figura 9: Variação média da velocidade (barras azuis) e da direção (linha azul escuro) das correntes na coluna entre pelas estações de amostragem da cunha salina da foz do Rio São Francisco, durante baixamar da maré de sizígia (lua nova) do dia 24 de junho de 2021.	26
Figura 10: Variação média da velocidade (barras azuis) e da direção (linha azul escuro) das correntes na coluna entre pelas estações de amostragem da cunha salina da foz do Rio São Francisco, durante preamar da maré de sizígia (lua nova) do dia 24 de junho de 2021.	27
Figura 11: Variação média da velocidade (barras azuis) e da direção (linha azul escuro) das correntes na coluna entre pelas estações de amostragem da cunha salina da foz do Rio São Francisco, durante baixamar da maré de sizígia (lua nova) do dia 25 de junho de 2021.	28
Figura 12: Variação média da velocidade (barras azuis) e da direção (linha azul escuro) das correntes na coluna entre pelas estações de amostragem da cunha salina da foz do Rio São Francisco, durante preamar da maré de sizígia (lua nova) do dia 25 de junho de 2021.	29
Figura 13: Distribuição longitudinal da salinidade na foz do rio São Francisco, variando da estação ESF 10 (ponto mais próximo à foz) à ESF 30 (ponto mais distante da foz), no período de preamar do dia 09 de junho de 2021. Os pontos brancos indicam a localização longitudinal de cada perfil.	31
Figura 14: Distribuição longitudinal da salinidade na foz do rio São Francisco, variando da estação ESF 10 (ponto mais próximo à foz) à ESF 30 (ponto mais distante da foz), no período de baixamar do dia 10 de junho de 2021. Os pontos brancos indicam a localização longitudinal de cada perfil.	31
Figura 15: Distribuição longitudinal da salinidade na foz do rio São Francisco, variando da estação ESF 10 (ponto mais próximo à foz) à ESF 30 (ponto mais distante da foz), no período de preamar do dia 10 de junho de 2021. Os pontos brancos indicam a localização longitudinal de cada perfil.	32

- Figura 16:** Distribuição longitudinal da salinidade na foz do rio São Francisco, variando da estação ESF 10 (ponto mais próximo à foz) à ESF 30 (ponto mais distante da foz), no período de baixamar do dia 11 de junho de 2021. Os pontos brancos indicam a localização longitudinal de cada perfil.32
- Figura 17:** Distribuição longitudinal da salinidade na foz do rio São Francisco, variando da estação ESF 10 (ponto mais próximo à foz) à ESF 30 (ponto mais distante da foz), no período de baixamar do dia 24 de junho de 2021. Os pontos brancos indicam a localização longitudinal de cada perfil.33
- Figura 18:** Distribuição longitudinal da salinidade na foz do rio São Francisco, variando da estação ESF 10 (ponto mais próximo à foz) à ESF 30 (ponto mais distante da foz), no período de baixamar do dia 25 de junho de 2021. Os pontos brancos indicam a localização longitudinal de cada perfil.33
- Figura 19:** Distribuição longitudinal da salinidade na foz do rio São Francisco, variando da estação ESF 10 (ponto mais próximo à foz) à ESF 30 (ponto mais distante da foz), no período de preamar do dia 25 de junho de 2021. Os pontos brancos indicam a localização longitudinal de cada perfil.34
- Figura 20:** Distribuição longitudinal da temperatura da água na foz do rio São Francisco, variando da estação ESF 10 (ponto mais próximo à foz) à estação ESF 30 (ponto mais distante da foz,) no período de preamar do dia 09 de junho de 2021. Os pontos brancos indicam a localização longitudinal de cada perfil.36
- Figura 21:** Distribuição longitudinal da temperatura da água na foz do rio São Francisco, variando da estação ESF 10 (ponto mais próximo à foz) à estação ESF 30 (ponto mais distante da foz,) no período de baixamar do dia 10 de junho de 2021. Os pontos brancos indicam a localização longitudinal de cada perfil.36
- Figura 22:** Distribuição longitudinal da temperatura da água na foz do rio São Francisco, variando da estação ESF 10 (ponto mais próximo à foz) à estação ESF 30 (ponto mais distante da foz,) no período de preamar do dia 10 de junho de 2021. Os pontos brancos indicam a localização longitudinal de cada perfil.37
- Figura 23:** Distribuição longitudinal da temperatura da água na foz do rio São Francisco, variando da estação ESF 10 (ponto mais próximo à foz) à estação ESF 30 (ponto mais distante da foz,) no período de baixamar do dia 11 de junho de 2021. Os pontos brancos indicam a localização longitudinal de cada perfil.37
- Figura 24:** Distribuição longitudinal da temperatura da água na foz do rio São Francisco, variando da estação ESF 10 (ponto mais próximo à foz) à estação ESF 30 (ponto mais distante da foz,) no período de baixamar do dia 24 de junho de 2021. Os pontos brancos indicam a localização longitudinal de cada perfil.38
- Figura 25:** Distribuição longitudinal da temperatura da água na foz do rio São Francisco, variando da estação ESF 10 (ponto mais próximo à foz) à estação ESF 30 (ponto mais distante da foz,) no período de baixamar do dia 25 de junho de 2021. Os pontos brancos indicam a localização longitudinal de cada perfil.38
- Figura 26:** Distribuição longitudinal da temperatura da água na foz do rio São Francisco, variando da estação ESF 10 (ponto mais próximo à foz) à estação ESF 30 (ponto mais distante da foz,) no período de preamar do dia 25 de junho de 2021. Os pontos brancos indicam a localização longitudinal de cada perfil.39
- Figura 27:** Dados hidrodinâmicos coletados durante a campanha fixa em Penedinho (ESF 30), no dia 09 de junho de 2021. As barras representam a velocidade da corrente e a linha a direção.41
- Figura 28:** Dados hidrodinâmicos coletados durante a campanha fixa na bomba de captação de água da cidade de Brejo Grande, AL (ESF 32), no dia 10 de junho de 2021. As barras representam a velocidade da corrente e a linha a direção.42
- Figura 29:** Dados hidrodinâmicos coletados durante a campanha fixa na bomba de captação de água da cidade de Penedinho-SE (ESF 30), no dia 23 de junho de 2021. As barras representam a velocidade da corrente e a linha a direção.43

- Figura 30:** Dados hidrodinâmicos coletados durante a campanha fixa na bomba de captação de água da cidade de Brejo Grande, SE (ESF 32), no dia 24 de junho de 2021. As barras representam a velocidade da corrente e a linha a direção.44
- Figura 31:** Distribuição temporal da salinidade da água durante o monitoramento fixo da cunha salina, realizado no dia 09 de junho de 2021, nas proximidades da bomba de captação de água da cidade de Penedinho, AL. Os pontos brancos representam o momento do dia da campanha quando os perfis foram realizados e o formato do fundo corresponde à variação do nível da coluna d'água ou o ponto máximo de alcance do CTD.46
- Figura 32:** Distribuição temporal da salinidade da água durante o monitoramento fixo da cunha salina, realizado no dia 10 de junho de 2021, nas proximidades da bomba de captação de água da cidade de Brejo Grande, SE (ESF 32). Os pontos brancos representam o momento do dia da campanha quando os perfis foram realizados e o formato do fundo corresponde à variação do nível da coluna d'água ou o ponto máximo de alcance do CTD.47
- Figura 33:** Distribuição temporal da salinidade da água durante o monitoramento fixo da cunha salina, realizado no dia 23 de junho de 2021, nas proximidades da bomba de captação de água da cidade de Penedinho-AL, ESF 30. Os pontos brancos representam o momento do dia da campanha quando os perfis foram realizados e o formato do fundo corresponde à variação do nível da coluna d'água ou o ponto máximo de alcance do CTD.47
- Figura 34:** Distribuição temporal da salinidade da água durante o monitoramento fixo da cunha salina, realizado no dia 24 de junho de 2021, nas proximidades da bomba de captação de água de Brejo Grande (ESF 32). Os pontos brancos representam o momento do dia da campanha quando os perfis foram realizados e o formato do fundo corresponde à variação do nível da coluna d'água ou o ponto máximo de alcance do CTD.48
- Figura 35:** Distribuição temporal da temperatura da água durante o monitoramento fixo realizado no dia 09 de junho de 2021, nas proximidades da bomba de captação de água da cidade de Penedinho, AL (ESF 30). Os pontos brancos representam o momento do dia da campanha quando os perfis foram realizados e o formato do fundo corresponde à variação do nível da coluna d'água ou o ponto máximo de alcance do CTD.49
- Figura 36:** Distribuição temporal da temperatura para o monitoramento fixo de 12 horas da cunha salina, realizado no dia 10 de junho de 2021 nas proximidades da bomba de captação de água da cidade Brejo Grande-SE (ESF 32). Os pontos brancos representam o momento do dia da campanha quando os perfis foram realizados e o formato do fundo corresponde à variação do nível da coluna d'água ou o ponto máximo de alcance do CTD.49
- Figura 37:** Distribuição temporal da temperatura para o monitoramento fixo de 12 horas da cunha salina, realizado no dia 23 de junho de 2021 nas proximidades da bomba de captação de água da cidade de Penedinho, AL (ESF 30). Os pontos brancos representam o momento do dia da campanha quando os perfis foram realizados e o formato do fundo corresponde à variação do nível da coluna d'água ou o ponto máximo de alcance do CTD.50
- Figura 38:** Distribuição temporal da temperatura para o monitoramento fixo de 12 horas da cunha salina, realizado no dia 24 de junho de 2021 nas proximidades da bomba de Brejo Grande ESF 32. Os pontos brancos representam o momento do dia da campanha quando os perfis foram realizados e o formato do fundo corresponde à variação do nível da coluna d'água ou o ponto máximo de alcance do CTD.50

Índice de Tabelas

Tabela 1: Nome, coordenadas, profundidade na baixamar e distância da foz de cada estação de coleta do monitoramento da cunha salina na foz do Rio São Francisco.	14
Tabela 2: Dados de altura da maré durante as fases de lua nova (09 e 10/06/2021) e lua cheia (24 e 25/06/2021) dados relativos ao Terminal Marítimo Inácio Barbosa - SE (DHN).....	15
Tabela 3: Dados da direção, velocidade do vento e temperatura atmosférica em cada estação de amostragem da cunha salina e médias de cada parâmetro, durante a preamar da maré de sizígia (lua cheia) do dia 09/06/2021, na foz do Rio São Francisco.	16
Tabela 4: Dados da direção e velocidade do vento e temperatura atmosférica em cada estação de amostragem da cunha salina e médias de cada parâmetro, durante a baixamar da maré de sizígia (lua cheia) do dia 10/06/2021, na foz do Rio São Francisco.	16
Tabela 5: Dados da direção e velocidade do vento e temperatura atmosférica em cada estação de amostragem da cunha salina e médias para cada parâmetro, durante a preamar da maré de sizígia (lua cheia) do dia 10/06/2021 na foz do Rio São Francisco.	17
Tabela 6: Dados da direção e velocidade do vento e temperatura atmosférica em cada estação de amostragem da cunha salina, durante a baixamar da maré de sizígia (lua cheia) do dia 11/06/2021, na foz do Rio São Francisco.	17
Tabela 7: Dados da direção e velocidade do vento e temperatura atmosférica em cada estação de amostragem da cunha salina e médias de cada parâmetro, durante a baixamar da maré de sizígia (lua nova) do dia 24 /06/2021, na foz do Rio São Francisco.	18
Tabela 8: Dados da direção e velocidade do vento e temperatura do ar em cada estação de amostragem da cunha salina e média de cada parâmetro, durante a preamar da maré de sizígia (lua nova) do dia 24/06/2021, na foz do Rio São Francisco.	18
Tabela 9: Dados da direção e velocidade do vento e temperatura do ar em cada estação de amostragem da cunha salina e média de cada parâmetro, durante a baixamar da maré de sizígia (lua nova) do dia 25 de junho de 2021, na foz do Rio São Francisco.	19
Tabela 10: Dados da direção e velocidade do vento e temperatura do ar em cada estação de amostragem da cunha salina e média de cada parâmetro, durante a preamar da maré de sizígia (lua nova) do dia 25 de junho de 2021, na foz do Rio São Francisco.	19
Tabela 11: Médias gerais dos dados de vento para as medições referentes às luas nova e cheia do mês de junho de 2021.....	20
Tabela 12: Dados médio de velocidade e direção da coluna d'água em cada estação de amostragem da cunha salina, durante a preamar da maré de sizígia (lua cheia) do dia 09 de junho de 2021, na foz do Rio São Francisco.	22
Tabela 13: Dados médio de velocidade e direção da coluna d'água em cada estação de amostragem da cunha salina, durante a baixamar da maré de sizígia (lua cheia) do dia 10 de junho de 2021, na foz do Rio São Francisco.	23
Tabela 14: Dados médio de velocidade e direção da coluna d'água em cada estação de amostragem da cunha salina, durante a preamar da maré de sizígia (lua cheia) do dia 10 de junho de 2021, na foz do Rio São Francisco.	24
Tabela 15: Dados médio de velocidade e direção da coluna d'água em cada estação de amostragem da cunha salina, durante a baixamar da maré de sizígia (lua cheia) do dia 11 de junho de 2021, na foz do Rio São Francisco.	25
Tabela 16: Dados médio de velocidade e direção da coluna d'água em cada estação de amostragem da cunha salina, durante baixamar da maré de sizígia (lua nova) do dia 24 de junho de 2021, na foz do Rio São Francisco.	26
Tabela 17: Dados médio de velocidade e direção da coluna d'água em cada estação de amostragem da cunha salina, durante a preamar da maré de sizígia (lua nova) do dia 24 de junho de 2021, na foz do Rio São Francisco.	27
Tabela 18: Dados médio de velocidade e direção da coluna d'água em cada estação de amostragem da cunha salina, durante a baixamar da maré de sizígia (lua nova) do dia 25 de junho de 2021, na foz do Rio São Francisco.	28

Tabela 19: Dados médio de velocidade e direção da coluna d'água em cada estação de amostragem da cunha salina, durante a preamar da maré de sizígia (lua nova) do dia 25 de junho de 2021, na foz do Rio São Francisco.	29
Tabela 20: Dados médio de velocidade e direção da coluna d'água durante o monitoramento fixo na bomba de captação de água de Penedinho (ESF 30), no dia 09 de junho de 2021.	41
Tabela 21: Dados médio de velocidade e direção da coluna d'água durante o monitoramento fixo na bomba de captação de água da cidade de Brejo Grande (ESF 32) no dia 10 de junho de 2021	42
Tabela 22: Dados médio de velocidade e direção da coluna d'água durante o monitoramento fixo na bomba de captação de água da cidade de Penedinho-SE (ESF 30) no dia 23 de junho de 2021	43
Tabela 23: Dados médio de velocidade e direção da coluna d'água durante o monitoramento fixo na bomba de captação de água da cidade de Brejo Grande (ESF 32) no dia 24 de junho de 2021	44

Introdução

Os corpos hídricos do Rio São Francisco-RSF percorrem por 521 municípios, passando por seis estados: Bahia, Minas Gerais, Pernambuco, Alagoas, Sergipe e Goiás, além do distrito Federal. Ao longo do rio, a água é utilizada principalmente para irrigação (77%), em segundo lugar para a demanda urbana (11%) seguida pela indústria (7%). Além dos usos citados, o rio também é utilizado para produção de energia, que através de 10 usinas hidrelétricas denominadas pelos seguintes nomes; Queimado, Três Marias, Sobradinho, Luiz Gonzaga, Complexo de Paulo Afonso (que reúne as usinas de Paulo Afonso I, II, III, IV e Apolônio Sales) e Xingó, juntas produzem cerca de 10.708 MW, correspondente a cerca de 12 % da energia nacional (ANA_2021). No período de 2012 a 2017, muitas cidades no entorno do rio enfrentaram períodos de estiagem ano após ano, o que pode ser percebido nos níveis de volume dos reservatórios (Figura 1). Após um período de aproximadamente 6 anos de estiagem, os reservatórios do rio São Francisco vêm se normalizando (**Figura 1**), atualmente os níveis de volume de água dos reservatórios encontram-se na faixa operacional normal, fato expresso por meio da carta circular SOO-012/2021, emitida pela CHESF no mês de junho de 2021, desta forma a defluências adotadas a partir de 17 de junho são de 800 m³/s da UHE Xingó e 1.000 m³/s da UHE de Sobradinho.

A restrição no fluxo de vazão influencia diretamente na vida de aproximadamente 50.000 pessoas que habitam as duas maiores cidades localizadas da foz do rio: Piaçabuçu na margem alagoana e Brejo Grande na margem sergipana. Essas duas cidades possuem o Rio São Francisco como principal fonte de captação de água, de modo que a manutenção contínua de uma vazão reduzida do rio pode permitir que a cunha salina penetre o rio São Francisco, atingindo as fontes de captação de água potável para as duas cidades. Desta forma, entende-se que o monitoramento da cunha salina ao longo do rio é de fundamental relevância para a manutenção do uso múltiplo da água de forma segura, visando a saúde das pessoas, assim como a manutenção de animais e plantios na região.

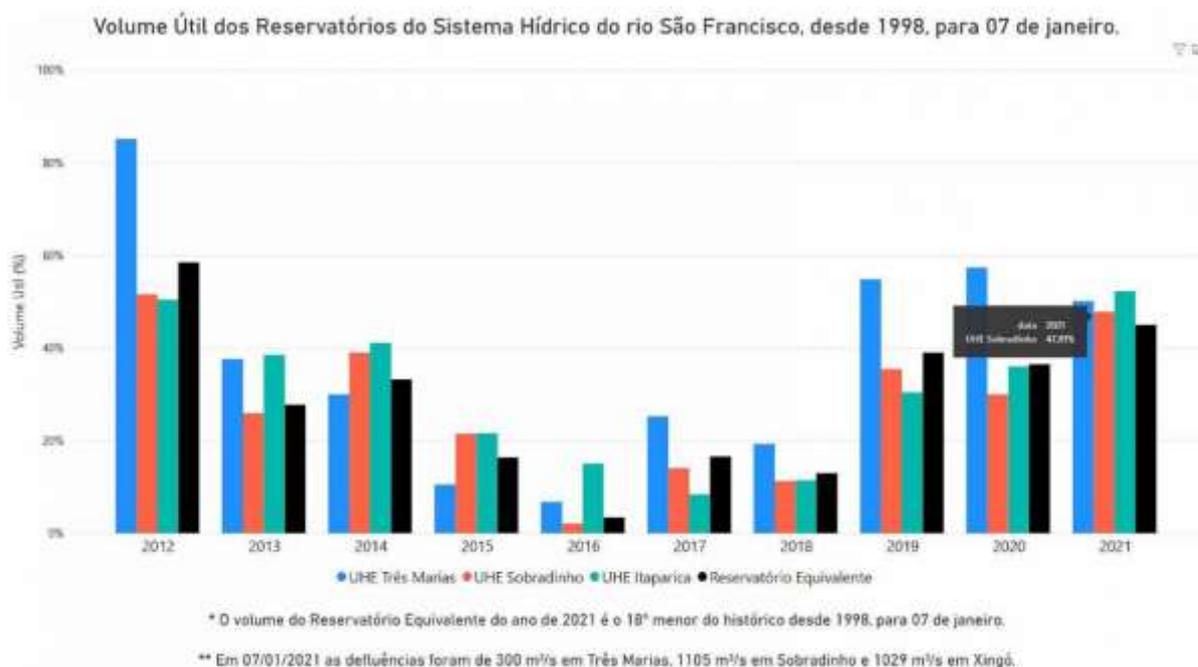


Figura 1: Série histórica de 2012 a 2021 do acúmulo de água nos reservatórios ao longo do rio São Francisco. Fonte: <www.ana.gov.br>.

O objetivo do presente monitoramento é acompanhar o comportamento dos parâmetros hidrográficos, hidrodinâmicos e meteorológicos ao longo do trecho inferior do rio São Francisco, próximo à sua foz no Oceano Atlântico, durante períodos de preamar e baixamar e em ciclos completos de maré, nas bombas de captação das cidades de Brejo Grande e Piaçabuçu (localidade de Penedinho - AL), com ênfase no monitoramento das concentrações de sais na água do rio ao longo de 14 pontos amostrais. Através dos dados coletados, pretende-se compreender os mecanismos pelos quais a água salgada do mar penetra rio acima e se mistura à água doce, bem como avaliar a extensão desta penetração e o eventual alcance nos pontos de captação de água para abastecimento público das duas cidades.

1 Área de trabalho

A área de estudo está localizada na foz do rio São Francisco, no trecho situado entre os estados de Alagoas e Sergipe. As coletas foram realizadas em 14 pontos amostrais ao longo da foz do rio São Francisco, entre os municípios de Piaçabuçu - AL e Brejo Grande - SE (Figura 2).

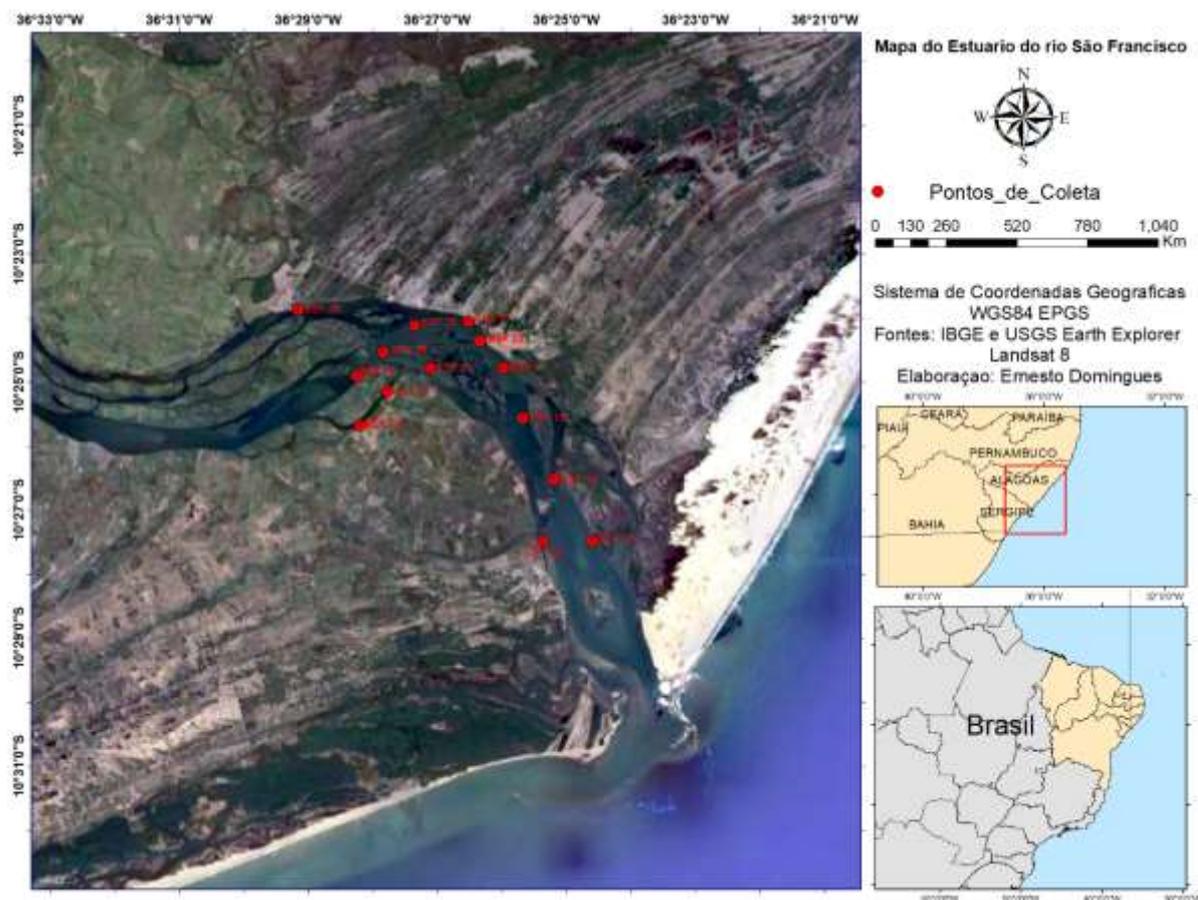


Figura 2: Localização das estações de monitoramento da introdução da cunha salina no trecho inferior do rio São Francisco. A posição das estações está marcada em vermelho.

2 Metodologia

O monitoramento da cunha salina referente ao mês de junho de 2021 foi realizado nos picos mensais de marés de sizígia (lua cheia e lua nova). Foram realizadas campanhas hidrológicas móveis (lagrangeanas) em dois ciclos completos de maré, com coletas de dados em 14 estações, distribuídas entre a foz do rio (ESF 10 e D1; **Erro! Fonte de referência não encontrada.**), a cidade de Piaçabuçu –AL (ESF 21 e 22), o distrito de Penedinho – AL (ESF 30) e a cidade de Brejo Grande- SE (ESF 30). Em cada lua de sizígia também foram feitas duas campanhas fixas (eulerianas) de 12 horas nas proximidades das bombas de captação de água dos municípios de Piaçabuçu-AL (no distrito rural de Penedinho, figura 03) e Brejo Grande - SE.



Figura 3: Bomba de captação de água da cidade de Penedinho-AL.

As campanhas móveis foram iniciadas 1 hora antes do pico máximo das marés de preamar e 1 hora antes do mínimo das marés de baixamar, sempre iniciando o monitoramento na foz do rio no ponto ESF D1. Para as campanhas fixas, foram feitas 13 coletas horária.

Nos monitoramentos, foram realizados perfis de salinidade e temperatura da água do rio; medição da intensidade e direção da corrente; direção, e medição da intensidade do vento e da temperatura atmosférica. Para a obtenção dos dados foram utilizados uma sonda perfiladora de dados CTD (acrônimo de Conductivity, Temperature and Depth), marca YSI, modelo Castway (Figura 4-A); um correntógrafo da marca Nortek, modelo Aquadopp modelo Current Meter, com frequência de 2 MHz (Figura 4-B); e uma mini-estação meteorológica da marca Kestrel, modelo 5400 (Figura 4-C). Os perfis com a sonda CTD foram programados para registrar dados a cada 30 cm, os dados de corrente foram registrados a cada 1 metro, e os dados meteorológicos foram mensurados pontualmente nos locais de coleta. As estações tiveram suas posições definitivas devidamente georreferenciadas por meio de um receptor GPS Garmin Etrex, constantes da Tabela 1, nas quais podem ser visualizados os nomes das estações, suas latitudes e longitudes, as profundidades na baixamar e a distância de cada ponto até a foz do rio.

Os dados do correntógrafo e da estação meteorológica foram registrados em fichas de papel no momento da coleta, cujas planilhas foram escaneadas em escritório, em seguida digitalizadas em programa [®]Excel, usado para a elaboração das tabelas e figuras dos valores médios de cada parâmetro apresentados nos resultados do presente relatório. Os dados da sonda CTD foram armazenados na memória do próprio instrumento e, posteriormente, baixados para um computador através do software [®]Castway-CTD v. 15 no formato “.mat”. Utilizando-se a plataforma de processamento de dados [®]Matlab, os dados da sonda foram filtrados, tratados e, por meio de programação computacional, foram geradas as figuras longitudinais de temperatura e salinidade. Essas figuras representam a variação de salinidade e temperatura em relação à distância longitudinal de cada estação até a foz.

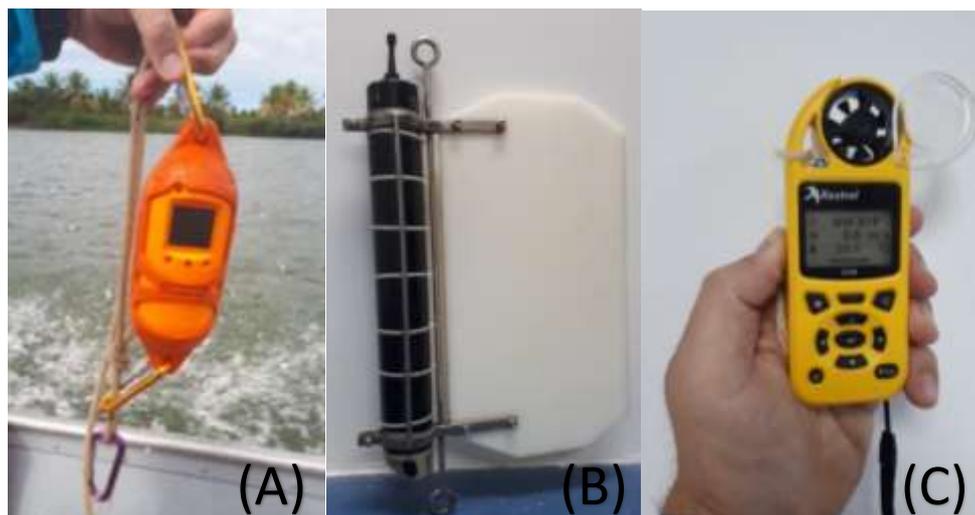


Figura 4: Instrumentos empregados na mensuração das variáveis meteorológicas e hidrológicas: CTD YSI CAstAway (A), correntômetro Aquadopp Current Meter (B) e mini-estação Kestrel (C).

Tabela 1: Nome, coordenadas, profundidade na baixamar e distância da foz de cada estação de coleta do monitoramento da cunha salina na foz do Rio São Francisco.

Estações	Latitude (S)	Longitude (O)	Profundidade (m)	Dist. da foz (m)
ESF_D1	-10,458	-36,423	5,02	6,13
ESF 10	-10,458	-36,410	6,97	5,54
ESF 14	-10,442	-36,420	2,97	7,54
ESF 18	-10,426	-36,428	4,27	9,57
ESF 21	-10,413	-36,433	9,01	11,12
ESF 22	-10,406	-36,439	5,71	12,1
ESF 23	-10,401	-36,442	8,59	12,79
ESF 25	-10,413	-36,452	2,58	12,1
ESF 26	-10,402	-36,456	5,35	14,26
ESF 27	-10,419	-36,463	3,67	13,63
ESF 28	-10,409	-36,464	7,13	15,45
ESF 30	-10,398	-36,486	5,35	17,67
ESF 31	-10,415	-36,471	6,81	16,46
ESF 32	-10,428	-36,470	3,43	14,9

3 Resultados

Monitoramentos móveis (longitudinais)

Ficha de Monitoramento dos Pontos de Controle

Na Tabela 2, estão apresentados os valores de altura das marés de baixamar e preamar durante os dias de amostragem, nas duas fases lunares (nova e cheia) relativas às marés de sizígia. Os dados relativos às variáveis meteorológicas (velocidade e direção do vento e temperatura do ar) e suas respectivas médias constam das Tabelas 3 a 6 (lua nova) e das Tabelas 7 a 10 (lua cheia).

Tabela 2: Dados de altura da maré durante as fases de lua nova (09 e 10/06/2021) e lua cheia (24 e 25/06/2021) dados relativos ao Terminal Marítimo Inácio Barbosa - SE (DHN).

Campanhas móveis			
Lua	Datas	Hora	Alt. da Maré (m)
Cheia	09/06/2021	03:23	1.9
		09:45	0.3
		15:47	1.9
		21:58	0.4
	10/06/2021	03:54	1.9
		10:17	0.3
		16:21	1.9
		22:32	0.4
Nova	24/06/2021	03:32	2.1
		09:54	0
		16:08	2.1
		22:13	0.2
	25/06/2021	04:17	2.1
		10:41	0
		16:56	2.1
		22:58	0.3

Tabela 3: Dados da direção, velocidade do vento e temperatura atmosférica em cada estação de amostragem da cunha salina e médias de cada parâmetro, durante a preamar da maré de sizígia (lua cheia) do dia 09/06/2021, na foz do Rio São Francisco.

Data	Hora	Direção (°)	Vel. (m.s ⁻¹)	Temp. ar (°C)
09/06/2021	15:25	64	3.0	27.5
	15:35	247	4.2	27.3
	15:45	242	3.5	27.5
	15:55	354	4.2	27.3
	16:02	256	3.5	27.2
	16:13	274	2.9	27.1
	16:19	253	3.8	27.1
	16:27	287	1.7	26.8
	16:36	26	1.9	26.6
	16:45	35	1.0	26.4
	16:57	46	1.4	26.1
	17:06	21	0.5	25.7
	17:13	46	0.5	26.4
	Média		242	2.9

Tabela 4: Dados da direção e velocidade do vento e temperatura atmosférica em cada estação de amostragem da cunha salina e médias de cada parâmetro, durante a baixamar da maré de sizígia (lua cheia) do dia 10/06/2021, na foz do Rio São Francisco.

Data	Hora	Direção (°)	Vel. (m.s ⁻¹)	Temp. ar (°C)
10/06/2021	09:15	56	2.8	26.9
	09:27	36	1.4	27.7
	09:37	45	2.8	27.4
	09:46	57	2.0	27.8
	09:57	48	3.2	28
	10:06	49	3.0	27.9
	10:13	57	2.7	28.8
	10:23	274	2.5	27.8
	10:32	274	2.2	27.6
	10:41	279	2.0	28.1
	10:52	345	1.6	28.8
	11:00	46	0.6	29.1
	11:07	37	0.6	27.6
	Média		56	2.2

Tabela 5: Dados da direção e velocidade do vento e temperatura atmosférica em cada estação de amostragem da cunha salina e médias para cada parâmetro, durante a preamar da maré de sizígia (lua cheia) do dia 10/06/2021 na foz do Rio São Francisco.

Data	Hora	Direção (°)	Vel. (m.s ⁻¹)	Temp. ar (°C)
10/06/2021	15:31	56	4.1	27.4
	15:45	268	3.4	27.4
	15:56	265	3.2	27.6
	16:07	265	2.9	27.4
	16:16	364	3.1	27.6
	16:20	344	4.1	27.4
	16:35	57	3.5	27.1
	16:43	67	2.9	26.8
	16:51	342	2.3	26.7
	16:59	49	1.0	25.9
	17:10	287	8.0	24.9
	17:18	39	0.5	25.5
	17:25	38	0.5	26.6
	Média		265	3.1

Tabela 6: Dados da direção e velocidade do vento e temperatura atmosférica em cada estação de amostragem da cunha salina, durante a baixamar da maré de sizígia (lua cheia) do dia 11/06/2021, na foz do Rio São Francisco.

Data	Hora	Direção (°)	Vel. (m.s ⁻¹)	Temp. ar (°C)
11/06/2021	09:57	220	3.5	26.3
	10:09	222	4.0	26.0
	10:20	220	3.3	27.1
	10:30	200	2.9	27.0
	10:41	232	3.5	27.3
	10:50	220	2.8	27.3
	10:59	180	3.5	28.8
	11:10	200	4.5	23.3
	11:20	111	3.0	27.3
	11:28	280	2.0	27.5
	11:43	223	3.0	28.2
	11:50	0	0.0	28.4
	11:58	143	0.0	26.9
	Média		220	3.3

Tabela 7: Dados da direção e velocidade do vento e temperatura atmosférica em cada estação de amostragem da cunha salina e médias de cada parâmetro, durante a baixamar da maré de sizígia (lua nova) do dia 24/06/2021, na foz do Rio São Francisco.

Data	Hora	Direção (°)	Vel. (m.s ⁻¹)	Temp. ar (°C)
24/06/2021	09:10	160	5.2	26.1
	09:25	172	4.3	25.1
	09:38	214	5.4	25.0
	09:49	181	4.4	25.3
	10:00	196	4.5	25.3
	10:10	142	6.0	25.3
	10:18	143	5.7	25.5
	10:27	107	4.9	25.4
	10:35	232	2.6	24.9
	10:44	206	4.0	25.6
	10:59	162	2.4	25.7
	11:06	78	1.2	24.9
	11:14	186	1.2	25.0
	Média		172	4.4

Tabela 8: Dados da direção e velocidade do vento e temperatura do ar em cada estação de amostragem da cunha salina e média de cada parâmetro, durante a preamar da maré de sizígia (lua nova) do dia 24/06/2021, na foz do Rio São Francisco.

Data	Hora	Direção (°)	Vel. (m.s ⁻¹)	Temp. ar (°C)
24/06/2021	15:10	201	5.8	26.4
	15:30	206	6.1	26.3
	15:40	235	6.9	26.2
	15:56	227	6.4	26.6
	16:05	245	6.4	26.5
	16:12	227	4.0	26.3
	16:20	194	4.6	26.4
	16:25	154	3.7	26.0
	16:35	236	2.5	25.5
	16:42	124	2.0	25.4
	16:55	157	2.0	25.6
	17:00	0	0.0	25.2
	17:08	193	0.0	25.7
	Média		201	4.0

Tabela 9: Dados da direção e velocidade do vento e temperatura do ar em cada estação de amostragem da cunha salina e média de cada parâmetro, durante a baixamar da maré de sizígia (lua nova) do dia 25 de junho de 2021, na foz do Rio São Francisco.

Data	Hora	Direção (°)	Vel. (m.s ⁻¹)	Temp. ar (°C)
25/06/2021	09:25	244	3.8	25.7
	09:40	239	4.8	25.4
	09:59	245	5.4	25.2
	10:07	237	3.9	26.6
	10:19	248	3.2	26.2
	10:30	237	3.2	26.8
	10:44	214	4.4	26.9
	10:55	108	5.6	26.7
	11:02	286	3.2	26.5
	11:19	238	4.0	26.3
	11:25	169	1.5	27.3
	11:35	224	3.1	27.7
	11:45	149	3.1	27.8
	Média		237	3.8

Tabela 10: Dados da direção e velocidade do vento e temperatura do ar em cada estação de amostragem da cunha salina e média de cada parâmetro, durante a preamar da maré de sizígia (lua nova) do dia 25 de junho de 2021, na foz do Rio São Francisco.

Data	Hora	Direção (°)	Vel. (m.s ⁻¹)	Temp. ar (°C)
25/06/2021	15:18	181	3.6	26.7
	15:30	188	6.9	26.7
	15:44	193	5.2	26.4
	15:58	190	3.4	25.4
	16:08	184	4.4	25.4
	16:16	177	5.6	25.8
	16:24	159	3.8	26.4
	16:32	185	2.6	25.4
	16:40	185	3.0	25.6
	16:49	108	2.0	24.6
	17:04	201	1.4	24.2
	17:14	203	0.9	25.6
	17:20	190	0.9	24.8
	Média		188	3.4

Durante as marés de sizígia analisadas no presente relatório, a vazão média do rio São Francisco, com base nos dados de vazão da barragem de Xingó (Boletins da Sala de Situação da ANA), esteve $1300 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. A altura da baixamar e preamar foi de, respectivamente, 0,3; 0,4; 1.9 e 1.9 m na lua cheia, e aqueles de lua nova, de 0; 0; 2,1 e 2,1 m (**Tabela 2**).

O período analisado no presente relatório, os ventos sopraram predominantemente da direção de 147° , com velocidade média de $2,6 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$. Os ventos mais intensos foram registrados no período de lua nova, apresentando máxima de $6,0 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$, enquanto a média da temperatura atmosférica média foi de $26,61^\circ\text{C}$ (tabela 11).

Na fase de lua nova, a direção predominante do vento foi sudeste (181°), com velocidade média de $3,5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ e temperatura média do ar de $26,5^\circ\text{C}$ (Tabela 11). Na fase de lua cheia, o vento apresentou direção predominante sudeste (191°), com velocidade média de $3,6 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ e temperatura média do ar de $27,4^\circ\text{C}$ (tabela 11).

Tabela 11: Médias gerais dos dados de vento para as medições referentes às luas nova e cheia do mês de junho de 2021.

Médias gerais dos dados de vento									
	Direção ($^\circ$)			Velocidade ($\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$)			Temperatura do ar ($^\circ\text{C}$)		
	Mín	Méd	Máx	Mín	Méd	Máx	Mín	Méd	Máx
Lua Cheia	21.00	170.24	354.00	0.50	3.36	29.00	23.30	27.05	29.10
Lua Nova	78.00	191.37	286.00	0.00	3.65	6.90	24.20	25.91	27.80
Média	49.50	180.80	320.00	0.25	3.50	17.95	23.75	26.48	28.45

Dados hidrodinâmicos

As Tabelas 12 a 20 contêm os valores médios de velocidade e direção da água na coluna d'água de cada estação de monitoramento da cunha salina, nas marés de baixamar e de preamar, amostradas nas luas cheia e nova. A variação espacial dos valores da velocidade média e direção média da água consta nas Figuras 5 a 12.

Na fase de lua nova, a velocidade da coluna d'água apresentou média de $0,5 \text{ m.s}^{-1}$, a estação amostral que apresentou a maior intensidade de corrente foi a estação ESF 23, no dia 25 de junho apresentou velocidade de 1 m.s^{-1} . Nas duas luas, a direção da corrente na baixamar estiveram predominantes no quadrante entre sudeste- sudoeste (185°), exceto nas estações ESF 26, 27, 28, 31 e 32, as quais apresentaram suas correntes nas direções entre nordeste e leste ($60^\circ - 75^\circ$). A geomorfologia dessas estações possibilita o deslocamento de massas d'água nas direções nordeste-leste e sudoeste-oeste diferentemente do canal principal, que possibilita o deslocamento de água nas direções sudeste-sul e noroeste-norte.

Como esperado, a velocidade das correntes foi menor nas preamares, apresentando média de 0.3 m.s^{-1} , já na baixamar a média foi de 0.6 m.s^{-1} .

Campanhas móveis realizadas nos dias 09, 10 e 11 de junho de 2021

Tabela 12: Dados médio de velocidade e direção da coluna d'água em cada estação de amostragem da cunha salina, durante a preamar da maré de sizígia (lua cheia) do dia 09 de junho de 2021, na foz do Rio São Francisco.

	Data	Hora	Vel. (m.s ⁻¹)	Direção (°)
09/06/2021		15:25	0.309	61
		15:35	0.361	143
		15:45	0.460	13
		15:55	0.179	126
		16:02	0.176	315
		16:13	0.313	342
		16:19	0.111	181
		16:27	0.097	263
		16:36	0.066	172
		16:45	0.133	252
		16:57	0.143	88
		17:06	0.231	63
		17:13	0.3186	138.4

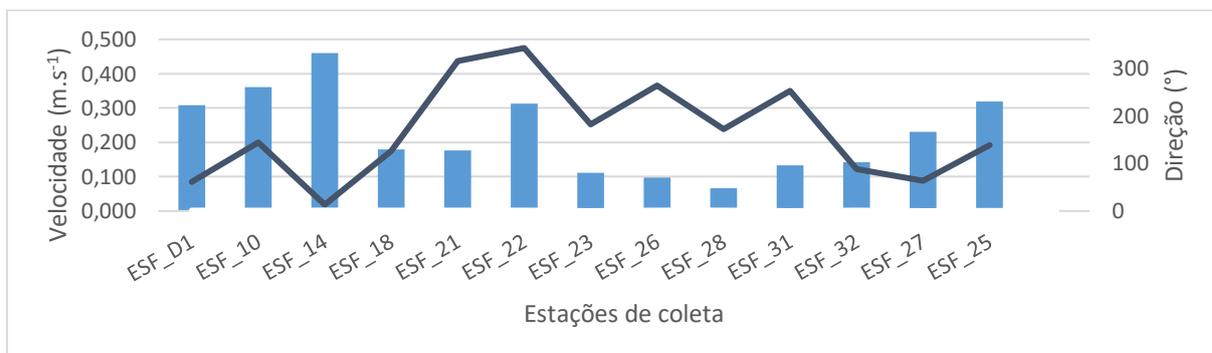


Figura 5: Variação média da velocidade (barras azuis) e da direção (linha azul escuro) das correntes na coluna entre pelas estações de amostragem da cunha salina da foz do Rio São Francisco, durante a preamar da maré de sizígia (lua cheia) do dia 09 de junho de 2021.

Tabela 13: Dados médio de velocidade e direção da coluna d'água em cada estação de amostragem da cunha salina, durante a baixamar da maré de sizígia (lua cheia) do dia 10 de junho de 2021, na foz do Rio São Francisco.

Data	Hora	Vel. (m.s ⁻¹)	Direção (°)
10/06/2021	09:15	0.398	178
	09:27	0.706	175
	09:37	0.635	186
	09:46	0.663	187
	09:57	0.676	166
	10:06	0.584	157
	10:13	0.459	140
	10:23	0.719	95
	10:32	0.690	70
	10:41	0.653	88
	10:52	0.674	84
	11:00	0.561	65
	11:07	0.5485	148.75

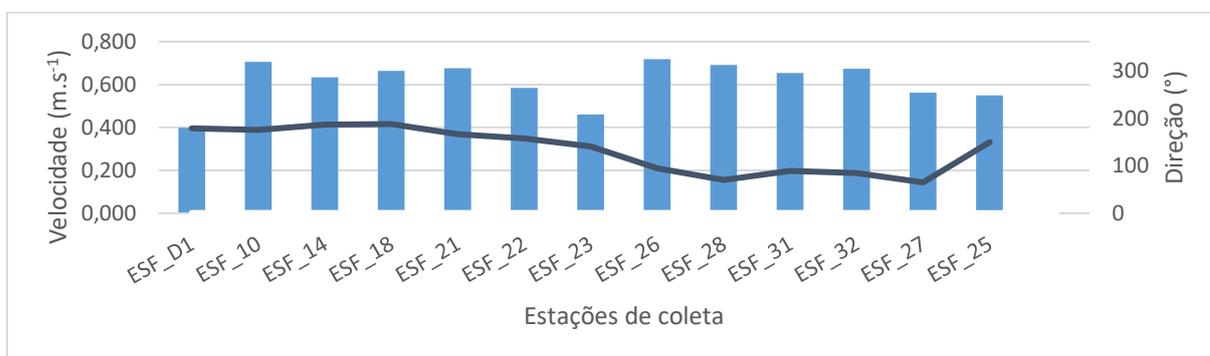


Figura 6: Variação média da velocidade (barras azuis) e da direção (linha azul escura) das correntes na coluna entre pelas estações de amostragem da cunha salina da foz do Rio São Francisco, durante baixamar da maré de sizígia (lua cheia) do dia 10 de junho de 2021.

Tabela 14: Dados médio de velocidade e direção da coluna d'água em cada estação de amostragem da cunha salina, durante a preamar da maré de sizígia (lua cheia) do dia 10 de junho de 2021, na foz do Rio São Francisco.

Data	Hora	Vel. (m.s ⁻¹)	Direção (°)
10/06/2021	15:31	0.339	350
	15:45	0.507	264
	15:56	0.563	205
	16:07	0.314	10
	16:16	0.267	336
	16:20	0.393	337
	16:35	0.172	316
	16:43	0.162	266
	16:51	0.094	248
	16:59	0.209	232
	17:10	0.044	78
	17:18	0.072	63
	17:25	0.1766	145.5

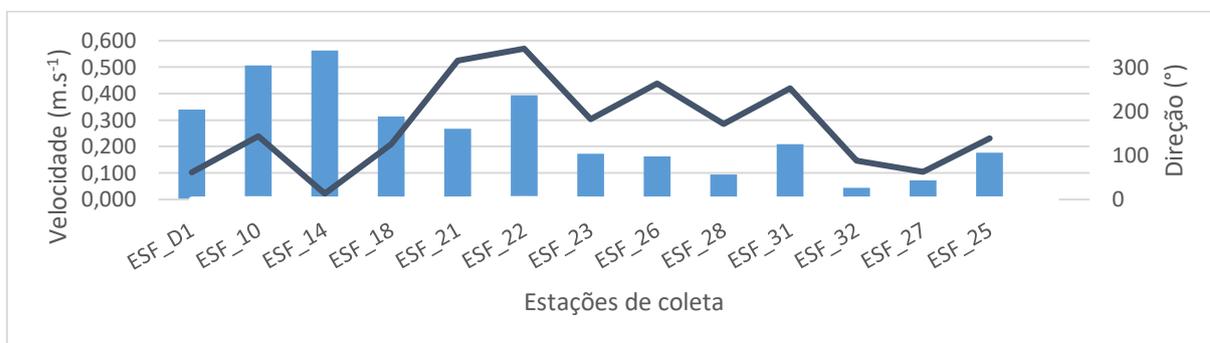


Figura 7: Variação média da velocidade (barras azuis) e da direção (linha azul escuro) das correntes na coluna entre pelas estações de amostragem da cunha salina da foz do Rio São Francisco, durante a preamar da maré de sizígia (lua cheia) do dia 10 de junho de 2021.

Tabela 15: Dados médio de velocidade e direção da coluna d'água em cada estação de amostragem da cunha salina, durante a baixamar da maré de sizígia (lua cheia) do dia 11 de junho de 2021, na foz do Rio São Francisco.

Data	Hora	Vel. (m.s ⁻¹)	Direção (°)
11/06/2021	09:57	0.851	187
	10:09	0.842	180
	10:20	0.640	188
	10:30	0.605	184
	10:41	0.704	173
	10:50	0.680	164
	10:59	0.483	143
	11:10	0.801	88
	11:20	0.468	91
	11:28	0.490	84
	11:43	0.673	83
	11:50	0.548	60
	11:58	0.49925	148.25

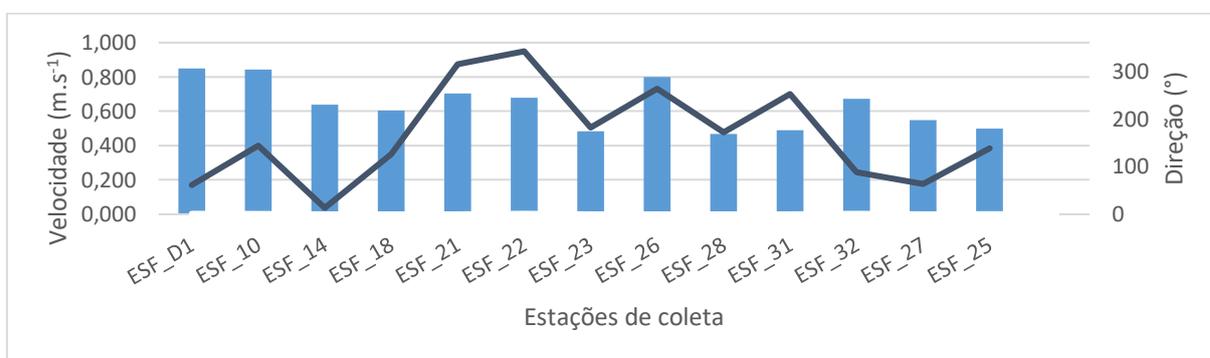


Figura 8: Variação média da velocidade (barras azuis) e da direção (linha azul escura) das correntes na coluna entre pelas estações de amostragem da cunha salina da foz do Rio São Francisco, durante baixamar da maré de sizígia (lua cheia) do dia 11 de junho de 2021.

Campanhas móveis realizadas nos dias 24 e 25 de junho de 2021

Tabela 16: Dados médio de velocidade e direção da coluna d'água em cada estação de amostragem da cunha salina, durante baixamar da maré de sizígia (lua nova) do dia 24 de junho de 2021, na foz do Rio São Francisco.

Data	Hora	Vel. (m.s ⁻¹)	Direção (°)
24/06/2021	09:10	0.382	172
	09:25	0.782	179
	09:38	0.630	198
	09:49	0.653	191
	10:00	0.661	170
	10:10	0.698	161
	10:18	0.227	159
	10:27	0.622	93
	10:35	0.960	79
	10:44	0.556	81
	10:59	0.607	79
	11:06	0.562	64
	11:14	0.438	137.25

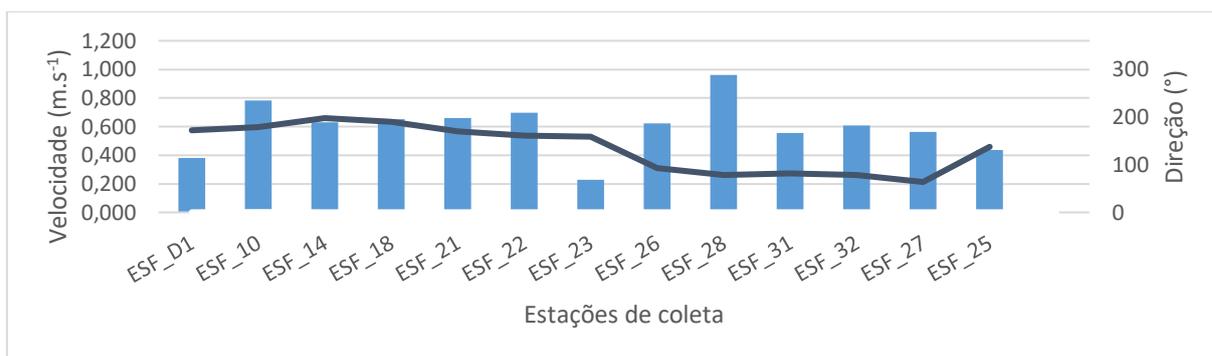


Figura 9: Variação média da velocidade (barras azuis) e da direção (linha azul escuro) das correntes na coluna entre pelas estações de amostragem da cunha salina da foz do Rio São Francisco, durante baixamar da maré de sizígia (lua nova) do dia 24 de junho de 2021.

Tabela 17: Dados médio de velocidade e direção da coluna d'água em cada estação de amostragem da cunha salina, durante a preamar da maré de sizígia (lua nova) do dia 24 de junho de 2021, na foz do Rio São Francisco.

Data	Hora	Vel. (m.s ⁻¹)	Direção (°)
24/06/2021	15:10	0.480	118
	15:30	0.233	134
	15:40	0.547	121
	15:56	0.460	157
	16:05	0.162	249
	16:12	0.348	324
	16:20	0.303	317
	16:25	0.329	272
	16:35	0.234	253
	16:42	0.428	243
	16:55	0.126	248
	17:00	0.115	229
	17:08	0.156	186.6667

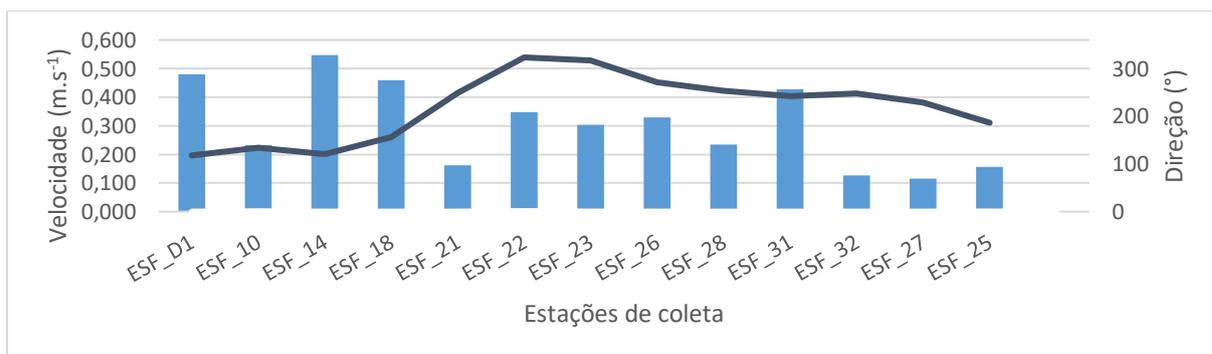


Figura 10: Variação média da velocidade (barras azuis) e da direção (linha azul escura) das correntes na coluna entre pelas estações de amostragem da cunha salina da foz do Rio São Francisco, durante preamar da maré de sizígia (lua nova) do dia 24 de junho de 2021.

Tabela 18: Dados médio de velocidade e direção da coluna d'água em cada estação de amostragem da cunha salina, durante a baixamar da maré de sizígia (lua nova) do dia 25 de junho de 2021, na foz do Rio São Francisco.

Data	Hora	Vel. (m.s ⁻¹)	Direção (°)
25/06/2021	09:25	0.532	179
	09:40	0.984	178
	09:59	0.664	186
	10:07	0.757	188
	10:19	0.529	167
	10:30	0.754	165
	10:44	0.493	159
	10:55	0.586	100
	11:02	0.750	71
	11:19	0.623	91
	11:25	0.646	79
	11:35	0.587	66
	11:45	0.4722	138.2

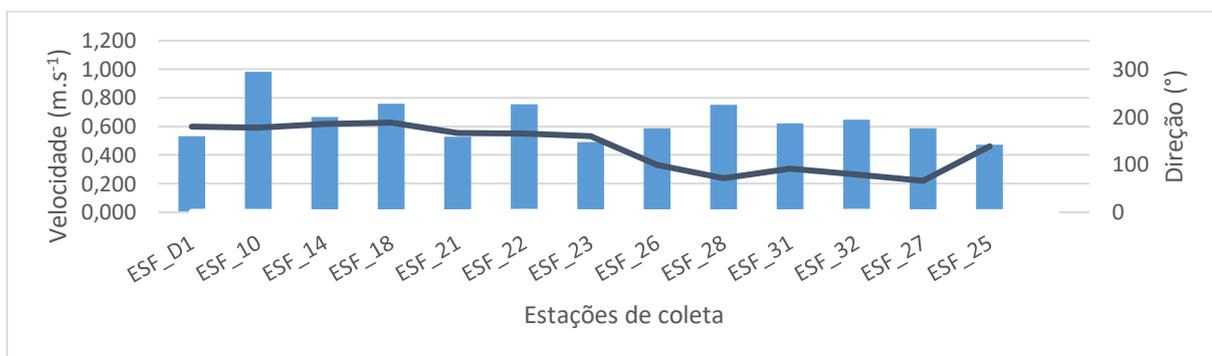


Figura 11: Variação média da velocidade (barras azuis) e da direção (linha azul escura) das correntes na coluna entre pelas estações de amostragem da cunha salina da foz do Rio São Francisco, durante baixamar da maré de sizígia (lua nova) do dia 25 de junho de 2021.

Tabela 19: Dados médio de velocidade e direção da coluna d'água em cada estação de amostragem da cunha salina, durante a preamar da maré de sizígia (lua nova) do dia 25 de junho de 2021, na foz do Rio São Francisco.

Data	Hora	Vel. (m.s ⁻¹)	Direção (°)
25/06/2021	15:18	0.480	348
	15:30	0.380	271
	15:44	0.559	352
	15:58	0.117	127
	16:08	0.449	343
	16:16	0.754	345
	16:24	0.483	319
	16:32	0.409	268
	16:40	0.247	270
	16:49	1.007	328
	17:04	0.293	253
	17:14	0.341	241
	17:20	0.2514	321

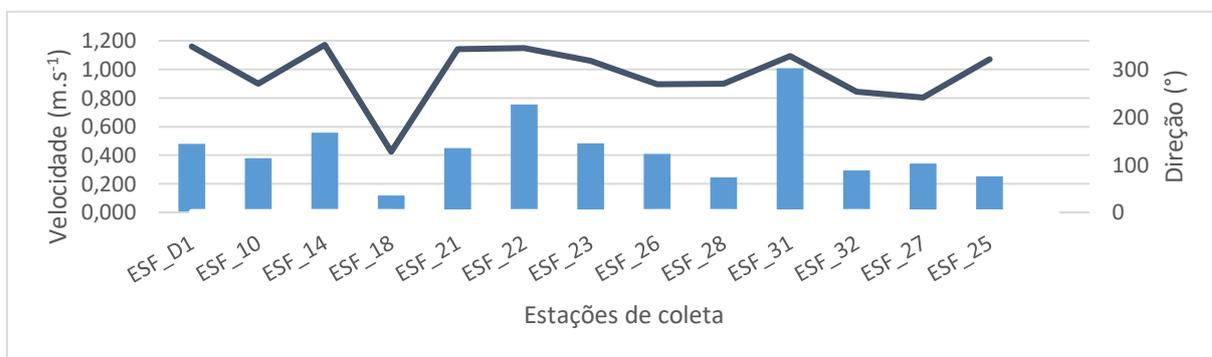


Figura 12: Variação média da velocidade (barras azuis) e da direção (linha azul escuro) das correntes na coluna entre pelas estações de amostragem da cunha salina da foz do Rio São Francisco, durante preamar da maré de sizígia (lua nova) do dia 25 de junho de 2021.

Resultados do CTD

Salinidade

As Figuras 12 a 18 demonstram a penetração da cunha salina na baixamar e preamar dos dois períodos de sizígia analisados referentes a junho de 2021. As figuras representam a distribuição longitudinal da salinidade na foz do rio São Francisco, cuja análise foi baseada na distância longitudinal de cada estação de monitoramento ao ponto de coleta mais próximo da foz (ESF 10) à estação mais distante longitudinalmente do rio, localizada na localidade de Penedinho – AL (ESF 30). Através das figuras, é possível afirmar que no mês de junho de 2021, no geral a cunha salina penetrou de forma significativa com valores superiores a 0,5 PSU na foz do rio São Francisco até a região próxima à estação ESF 14 (distante 7,5 km da foz), como pode se ver na Figura 14 a qual representa a coleta realizada no dia 10 de junho de 2021. Através dos gráficos gerados foi possível verificar que a cunha salina penetrou menos nos períodos de baixamar.

Os registros realizados nas baixamars e preamars consecutivas demonstram um comportamento similar entre si, onde a intrusão salina foi percebida com maior intensidade nos momentos de preamar.

No dia 24 de junho, no período de preamar, houve um problema técnico no instrumento CTD, o qual não foi possível solucionar no momento da coleta. Desta forma, não foram gerados dados de temperatura e salinidade perfilados, mas todos os demais dados foram coletados e, no dia seguinte, o problema foi solucionado.

Baixamar e preamar dos dias 09, 10 e 11 de junho de 2021.

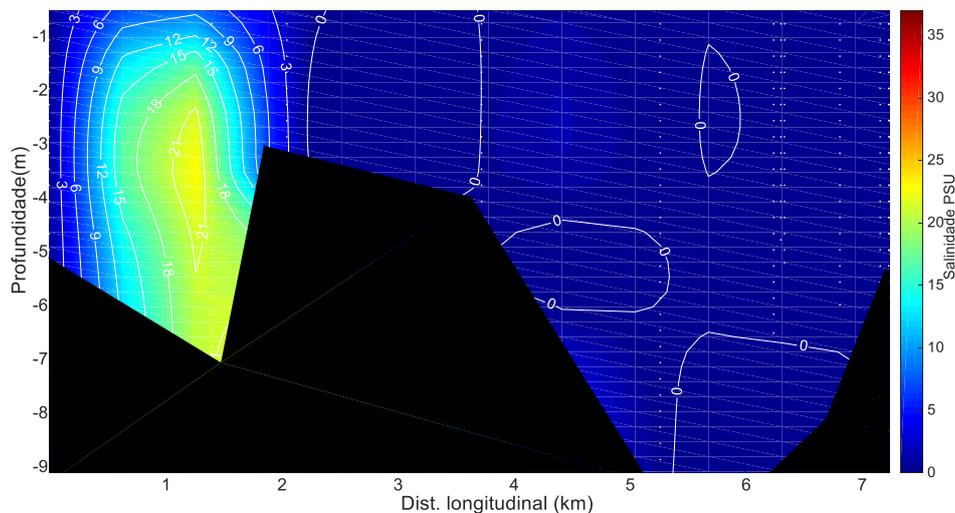


Figura 13: Distribuição longitudinal da salinidade na foz do rio São Francisco, variando da estação ESF 10 (ponto mais próximo à foz) à ESF 30 (ponto mais distante da foz), no período de preamar do dia 09 de junho de 2021. Os pontos brancos indicam a localização longitudinal de cada perfil.

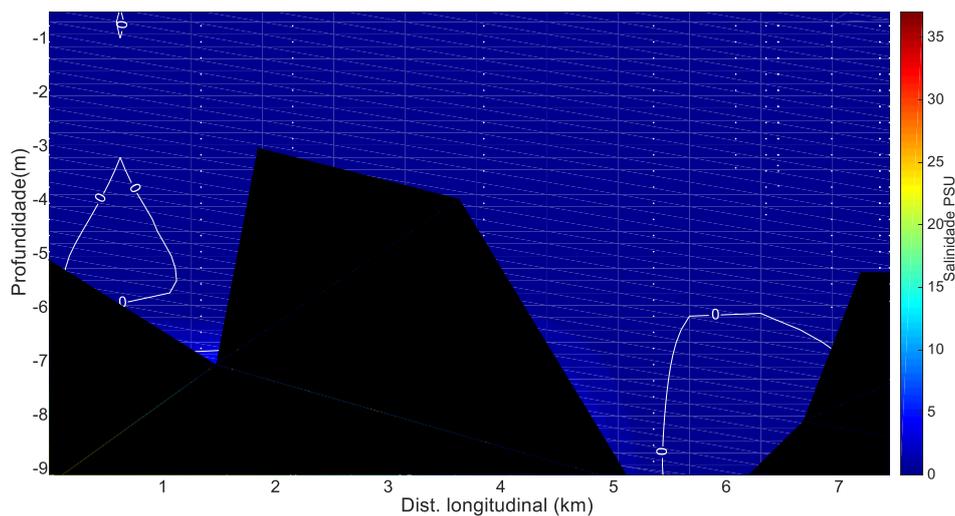


Figura 14: Distribuição longitudinal da salinidade na foz do rio São Francisco, variando da estação ESF 10 (ponto mais próximo à foz) à ESF 30 (ponto mais distante da foz), no período de baixamar do dia 10 de junho de 2021. Os pontos brancos indicam a localização longitudinal de cada perfil.

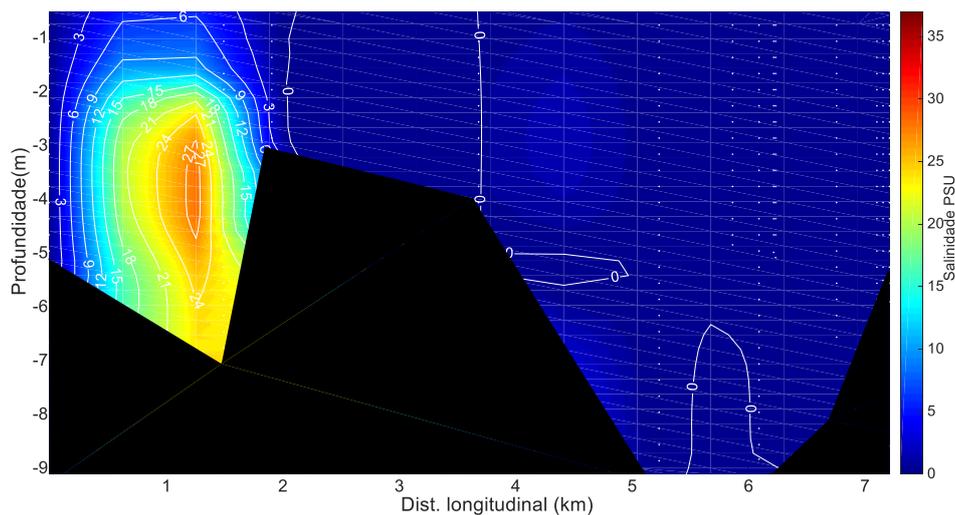


Figura 15: Distribuição longitudinal da salinidade na foz do rio São Francisco, variando da estação ESF 10 (ponto mais próximo à foz) à ESF 30 (ponto mais distante da foz), no período de preamar do dia 10 de junho de 2021. Os pontos brancos indicam a localização longitudinal de cada perfil.

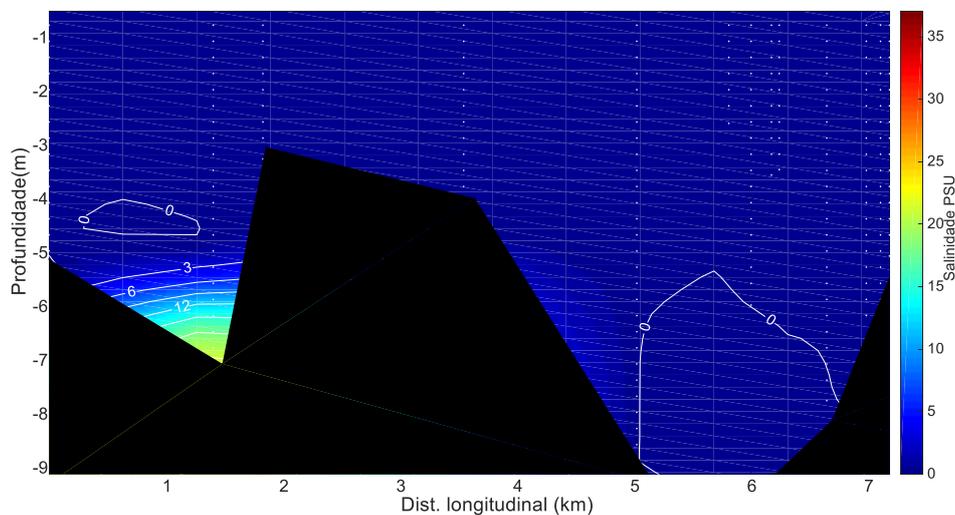


Figura 16: Distribuição longitudinal da salinidade na foz do rio São Francisco, variando da estação ESF 10 (ponto mais próximo à foz) à ESF 30 (ponto mais distante da foz), no período de baixamar do dia 11 de junho de 2021. Os pontos brancos indicam a localização longitudinal de cada perfil.

Baixamar e preamar dos dias 24 e 25 de maio de 2021.

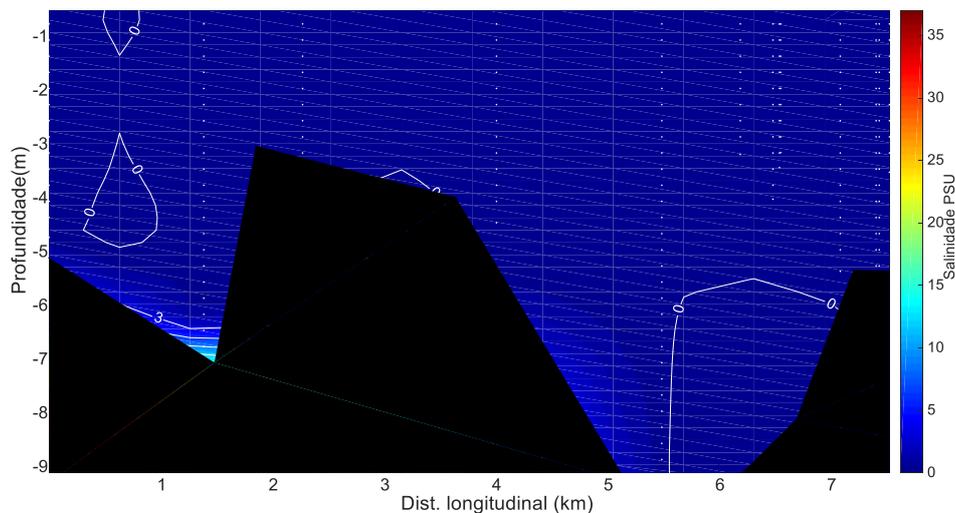


Figura 17: Distribuição longitudinal da salinidade na foz do rio São Francisco, variando da estação ESF 10 (ponto mais próximo à foz) à ESF 30 (ponto mais distante da foz), no período de baixamar do dia 24 de junho de 2021. Os pontos brancos indicam a localização longitudinal de cada perfil.

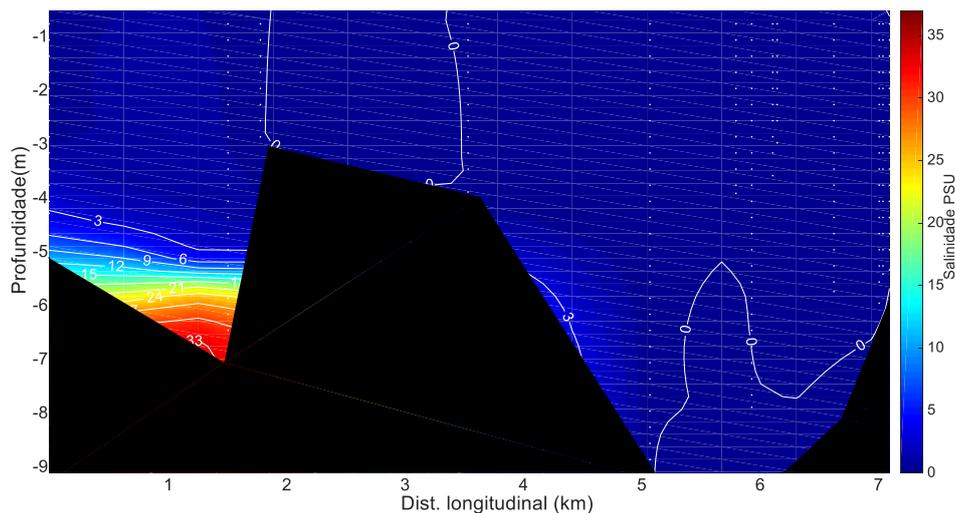


Figura 18: Distribuição longitudinal da salinidade na foz do rio São Francisco, variando da estação ESF 10 (ponto mais próximo à foz) à ESF 30 (ponto mais distante da foz), no período de baixamar do dia 25 de junho de 2021. Os pontos brancos indicam a localização longitudinal de cada perfil.

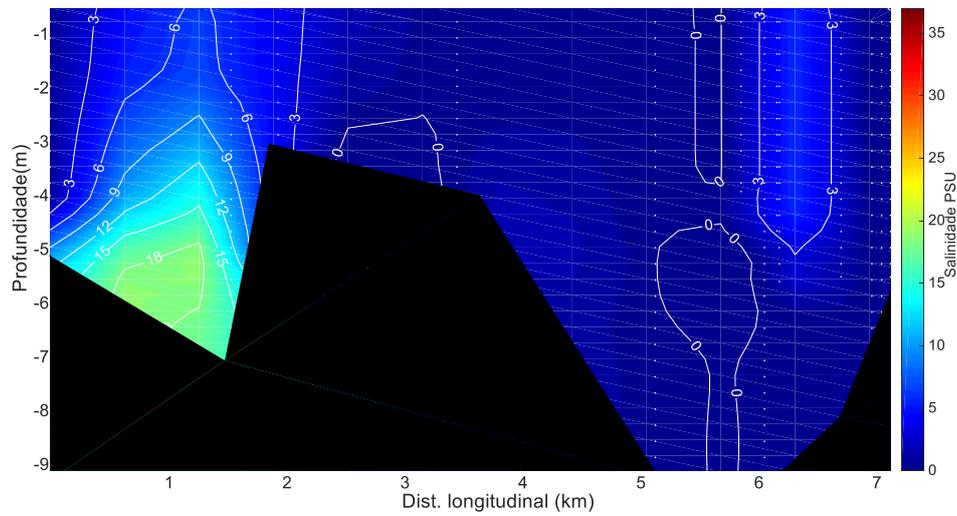


Figura 19: Distribuição longitudinal da salinidade na foz do rio São Francisco, variando da estação ESF 10 (ponto mais próximo à foz) à ESF 30 (ponto mais distante da foz), no período de preamar do dia 25 de junho de 2021. Os pontos brancos indicam a localização longitudinal de cada perfil.

Temperatura

Para a análise da temperatura da água, também foi utilizada a variação longitudinal deste parâmetro no trecho monitorado. As temperaturas da água na foz do rio São Francisco, nas marés de sizígia (lua nova e lua cheia) no mês de junho de 2021, a temperatura registrada nas coletas estiveram predominantemente entre 27 e 28°C. Nos períodos de preamar, as temperaturas em geral foram mais altas, todas as campanhas de preamar foram coletadas no período vespertino o que está associado com o momento do dia em que as águas expostas ao sol acumulam o calor adquirido durante todo o dia além do acúmulo de água que ocorre na foz, onde vamos ter a entrada de água do continente pela vazão do rio assim como a entrada de água do mar devido à maré. As temperaturas mais baixas registradas estiveram próximo de 26,8°C, foram registradas na região próximo ao ponto ESF 28 (Figura 25). De maneira geral, a temperatura esteve entre 27 e 28 °C, como mostram as Figuras 20 a 26.

Baixamar e preamar do dia 09, 10 e 11 de junho de 2021

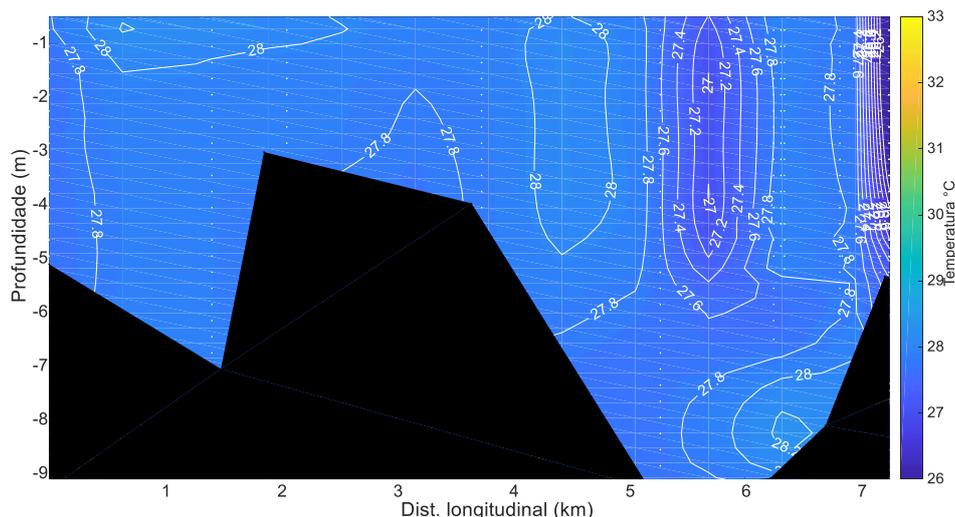


Figura 20: Distribuição longitudinal da temperatura da água na foz do rio São Francisco, variando da estação ESF 10 (ponto mais próximo à foz) à estação ESF 30 (ponto mais distante da foz,) no período de preamar do dia 09 de junho de 2021. Os pontos brancos indicam a localização longitudinal de cada perfil.

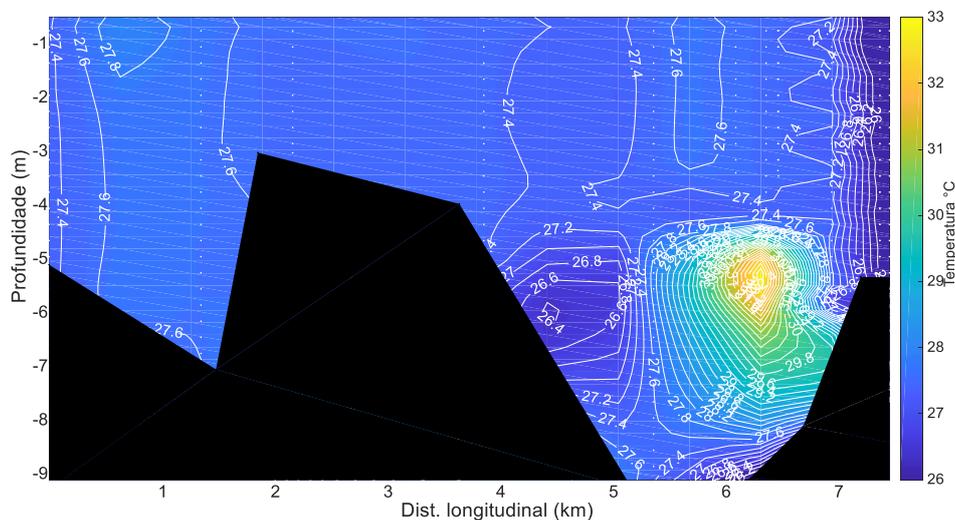


Figura 21: Distribuição longitudinal da temperatura da água na foz do rio São Francisco, variando da estação ESF 10 (ponto mais próximo à foz) à estação ESF 30 (ponto mais distante da foz,) no período de baixamar do dia 10 de junho de 2021. Os pontos brancos indicam a localização longitudinal de cada perfil.

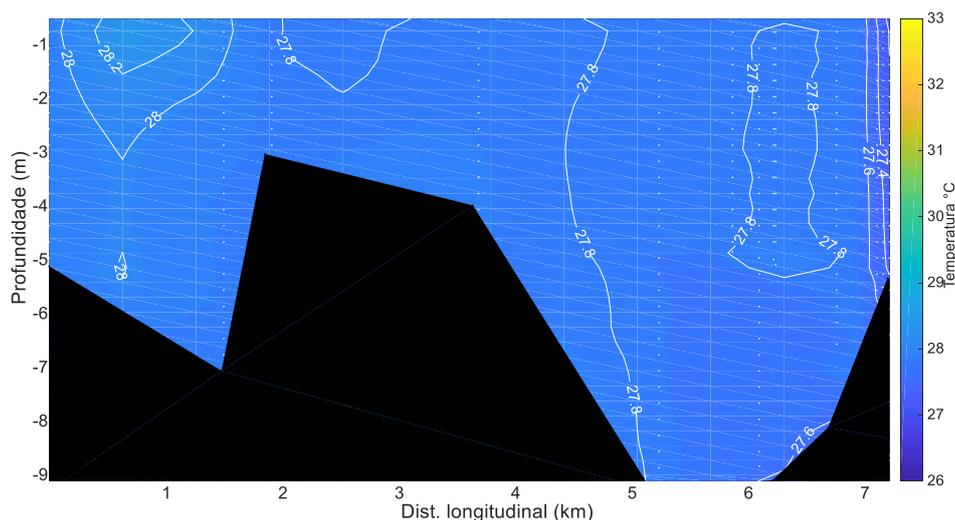


Figura 22: Distribuição longitudinal da temperatura da água na foz do rio São Francisco, variando da estação ESF 10 (ponto mais próximo à foz) à estação ESF 30 (ponto mais distante da foz,) no período de preamar do dia 10 de junho de 2021. Os pontos brancos indicam a localização longitudinal de cada perfil.

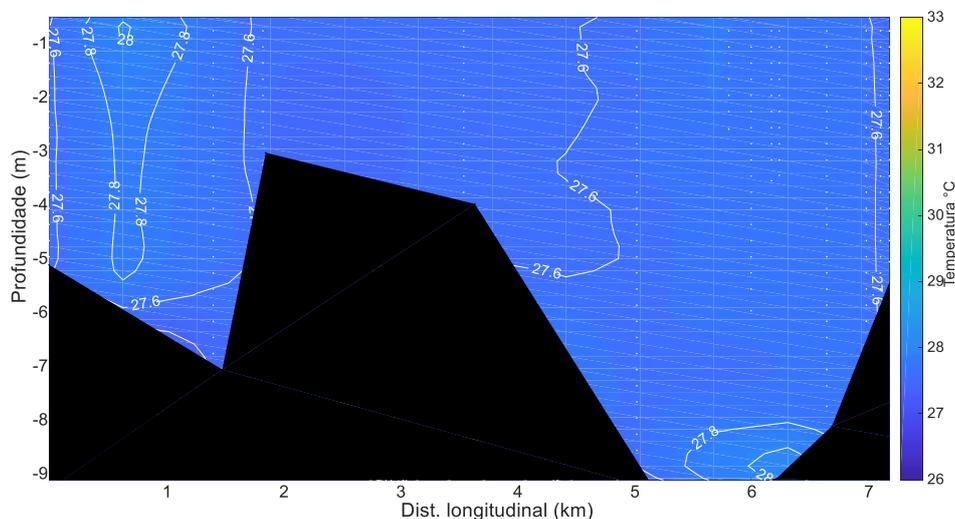


Figura 23: Distribuição longitudinal da temperatura da água na foz do rio São Francisco, variando da estação ESF 10 (ponto mais próximo à foz) à estação ESF 30 (ponto mais distante da foz,) no período de baixamar do dia 11 de junho de 2021. Os pontos brancos indicam a localização longitudinal de cada perfil.

Baixamar e preamar do dia 24 e 25 de junho de 2021.

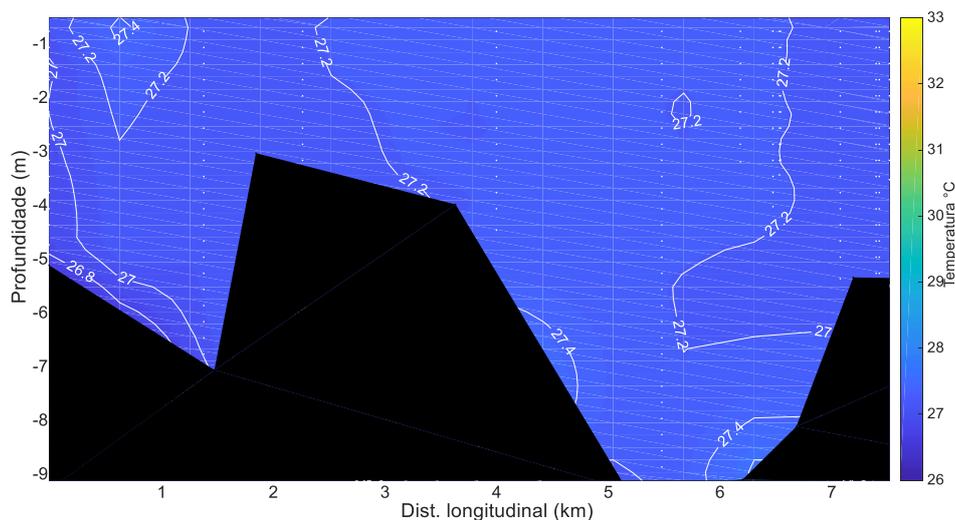


Figura 24: Distribuição longitudinal da temperatura da água na foz do rio São Francisco, variando da estação ESF 10 (ponto mais próximo à foz) à estação ESF 30 (ponto mais distante da foz,) no período de baixamar do dia 24 de junho de 2021. Os pontos brancos indicam a localização longitudinal de cada perfil.

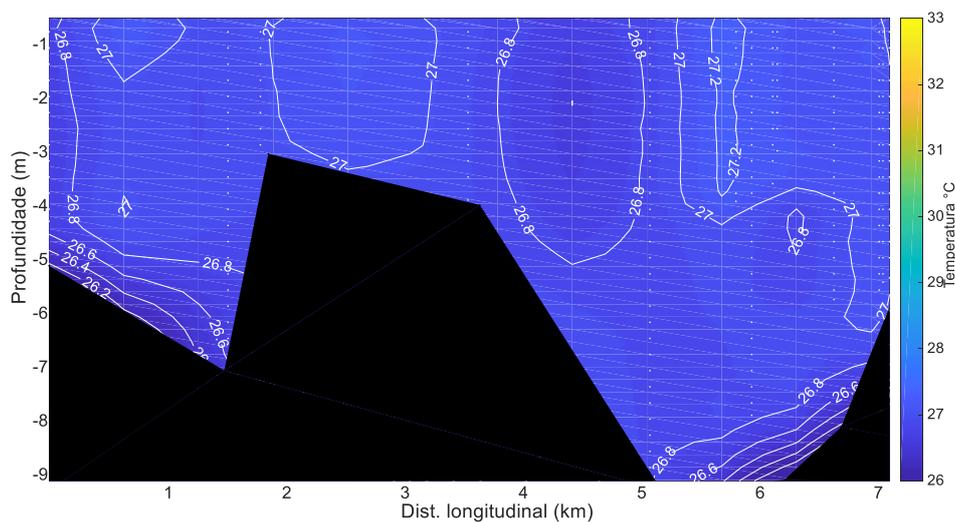


Figura 25: Distribuição longitudinal da temperatura da água na foz do rio São Francisco, variando da estação ESF 10 (ponto mais próximo à foz) à estação ESF 30 (ponto mais distante da foz,) no período de baixamar do dia 25 de junho de 2021. Os pontos brancos indicam a localização longitudinal de cada perfil.

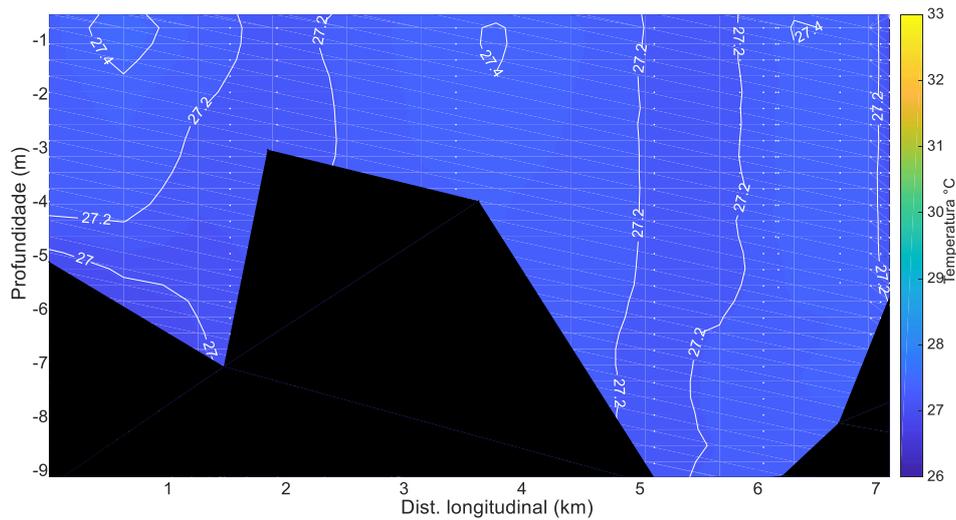


Figura 26: Distribuição longitudinal da temperatura da água na foz do rio São Francisco, variando da estação ESF 10 (ponto mais próximo à foz) à estação ESF 30 (ponto mais distante da foz,) no período de preamar do dia 25 de junho de 2021. Os pontos brancos indicam a localização longitudinal de cada perfil.

MONITORAMENTO FIXO

As Tabelas 19 a 22 apresentam os dados relativos ao horário das coletas, direção e velocidade dos ventos no monitoramento fixo nas estações de captação em Brejo Grande – SE e Piaçabuçu – Al (localidade de Penedinho), cujos dados podem ser visualizados nas Figuras 27 a 30.

A velocidade das correntes mais intensas foi registrada no monitoramento móvel no dia 25 de junho no período de baixamar, quando atingiu 1 m.s^{-1} no ponto amostral ESF 22. Quando ocorre os picos de velocidade da corrente acontece o desprendimento dos bancos de plantas aquáticas, fato que vêm ocorrendo com maior frequência, devido ao aumento da defluência, essas plantas flutuam aglomeradas entre si, esses eventos influenciam diretamente na vida dos ribeirinhos, tendo em vista que essas plantas derivam até a região de pesca, fato que atrapalha na atividade de pesca de rede, também grandes volumes dessas plantas engancham nas cordas das âncoras dos barcos que estão ancorados fazendo com que suas âncoras se desprendam do fundo deixando os barcos à deriva. E também influencia de forma negativa nos procedimentos de coleta de dados para este monitoramento, onde ao navegar pelo rio se torna comum os engalhes de plantas na hélice da embarcação de coleta assim como o desprendimento da âncora do barco para as coletas fixas.

Na Campanha do dia 23 de junho de 2021, o inversor de energia 12 volt para 220 volts queimou, fato que comprometeu o fornecimento de energia para os computadores, impossibilitando a coleta de dados hidrodinâmicos em alguns momentos dessa campanha (Figura 29)

Dados hidrodinâmicos, campanhas fixas realizadas nos dias 09, 10, 23 e 24 de junho de 2021

2021

Tabela 20: Dados médio de velocidade e direção da coluna d'água durante o monitoramento fixo na bomba de captação de água de Penedinho (ESF 30), no dia 09 de junho de 2021.

Data	Hora	Vel. (m.s ⁻¹)	Direção (°)
09/06/2021	18:00	0.601	107
	19:00	0.641	110
	20:00	0.778	111
	21:00	0.785	111
	22:00	0.784	111
	23:00	0.721	109
	00:00	0.695	106
	01:00	0.191	265
	02:00	0.429	699
	03:00	0.414	280
	04:00	0.232	277
	05:00	0.093	86
	06:00	0.542	103

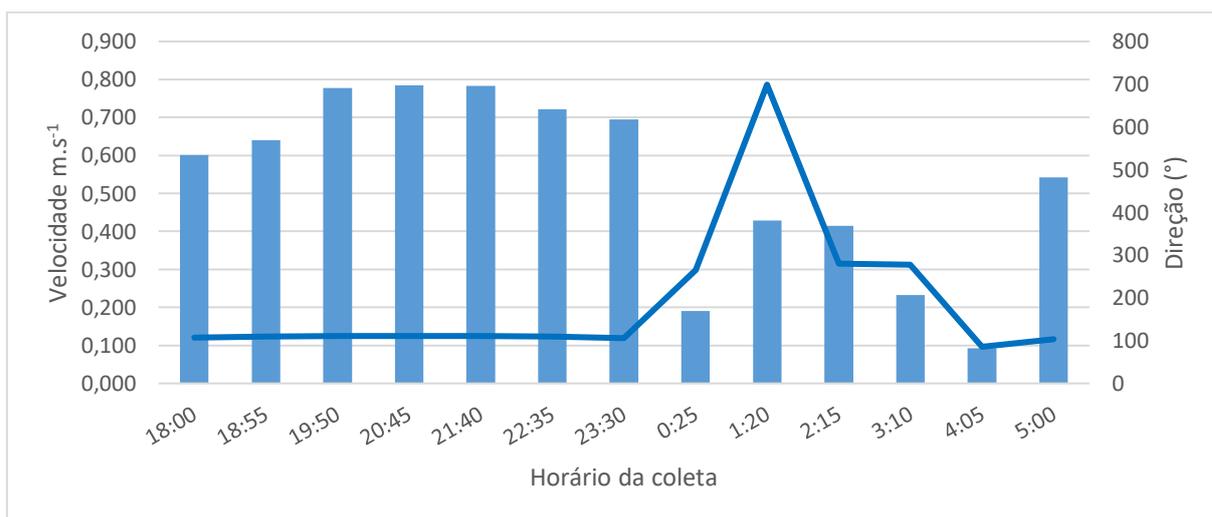


Figura 27: Dados hidrodinâmicos coletados durante a campanha fixa em Penedinho (ESF 30), no dia 09 de junho de 2021. As barras representam a velocidade da corrente e a linha a direção.

Tabela 21: Dados médio de velocidade e direção da coluna d'água durante o monitoramento fixo na bomba de captação de água da cidade de Brejo Grande (ESF 32) no dia 10 de junho de 2021

Data	Hora	Vel. (m.s ⁻¹)	Direção (°)
10/06/2021	18:00	0.333	83
	18:55	0.569	84
	19:50	0.559	86
	20:45	0.644	82
	21:40	0.677	88
	22:35	0.598	84
	23:30	0.523	80
	00:25	0.340	86
	01:20	0.103	74
	02:15	0.217	259
	03:10	0.251	255
	04:05	0.238	257
	05:00	0.099	258

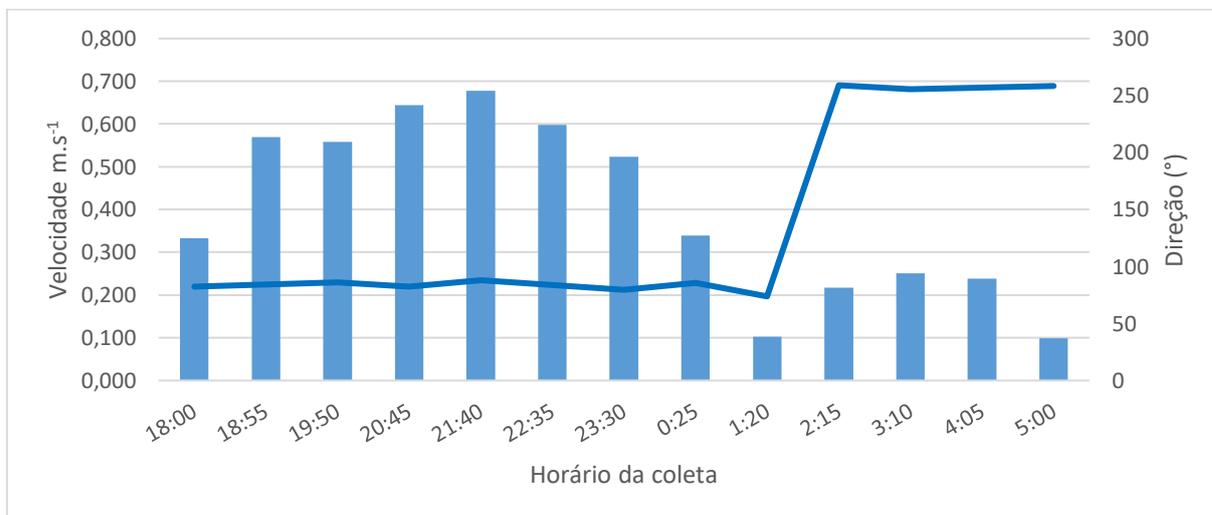


Figura 28: Dados hidrodinâmicos coletados durante a campanha fixa na bomba de captação de água da cidade de Brejo Grande, AL (ESF 32), no dia 10 de junho de 2021. As barras representam a velocidade da corrente e a linha a direção.

Tabela 22: Dados médio de velocidade e direção da coluna d'água durante o monitoramento fixo na bomba de captação de água da cidade de Penedinho-SE (ESF 30) no dia 23 de junho de 2021

Data	Hora	Vel. (m.s ⁻¹)	Direção (°)
23/06/2021	18:45	0.831	114
	19:55	0.912	114
	20:45	0.858	110
	21:45	0.881	105
	-	-	-
	-	-	-
	-	-	-
	02:15	0.529	276
	03:15	0.438	277
	-	-	-
-	-	-	

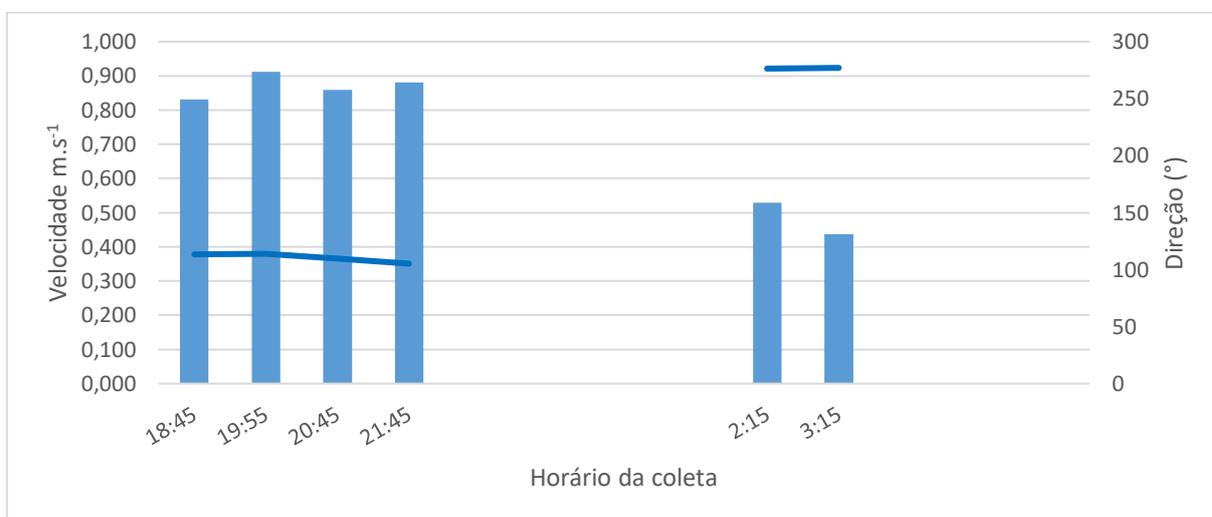


Figura 29: Dados hidrodinâmicos coletados durante a campanha fixa na bomba de captação de água da cidade de Penedinho-SE (ESF 30), no dia 23 de junho de 2021. As barras representam a velocidade da corrente e a linha a direção.

Tabela 23: Dados médio de velocidade e direção da coluna d'água durante o monitoramento fixo na bomba de captação de água da cidade de Brejo Grande (ESF 32) no dia 24 de junho de 2021

Data	Hora	Vel. (m.s ⁻¹)	Direção (°)
24/06/2021	19:00	0.568	68
	19:55	0.703	85
	20:50	0.734	84
	21:45	0.691	84
	22:40	0.634	83
	23:35	0.480	80
	00:30	0.234	85
	01:25	0.272	256
	02:20	0.364	257
	03:15	0.423	248
	04:10	0.262	254
	05:05	0.148	268
	06:00	0.223	84

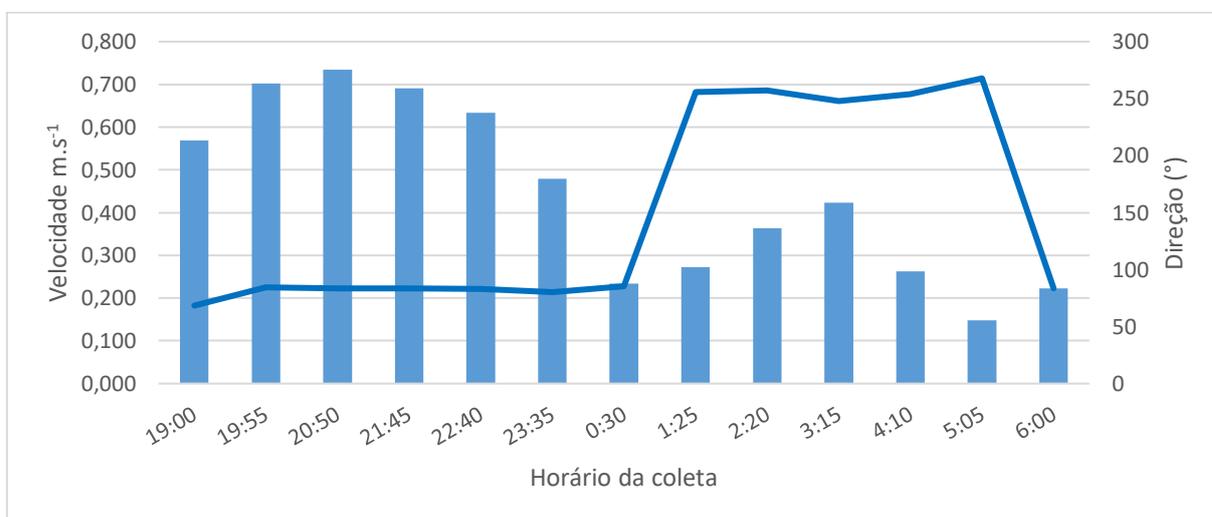


Figura 30: Dados hidrodinâmicos coletados durante a campanha fixa na bomba de captação de água da cidade de Brejo Grande, SE (ESF 32), no dia 24 de junho de 2021. As barras representam a velocidade da corrente e a linha a direção.

As Figuras 31 a 34 representam a distribuição temporal de salinidade da água das campanhas fixas de 12 horas, realizadas nos dias 09, 10, 23 e 24 de junho de 2021. A salinidade nas campanhas fixas de Brejo Grande e Penedinho se mantiveram abaixo de 0.5 PSU, limite para classificação de água doce segundo a Resolução nº. 357 do CONAMA, tendo os valores

mais elevados se mantido próximo de 0.35 PSU. Desta forma, os parâmetros de salinidade para todas as medições estiveram dentro dos parâmetros seguros para o uso doméstico da água.

Durante o dia 24 de junho de 2021, houve uma elevação anômala da salinidade no ponto de captação em Brejo Grande (Figura 34), atribuída a alguma descarga local durante a medição de apenas um dos perfis, sem relação com o pulso de maré. Cabe ressaltar a existência de um córrego que passa dentro da comunidade e deságua justamente na bomba de captação, além de viveiros de cultivo de camarão localizados na ilha, cujas comportas estão viradas em direção à bomba.

Para a temperatura, foi observado um padrão temporal similar de variação no ciclo diurno, evidenciando uma elevação gradual da temperatura das massas de água ao longo do dia, com uma amplitude média em torno 0.5°C entre a primeira e a última medição, com valores mais elevados no final do dia, em todas as quatro campanhas realizadas.

Resultados de salinidade e temperatura pontos fixos

Salinidade

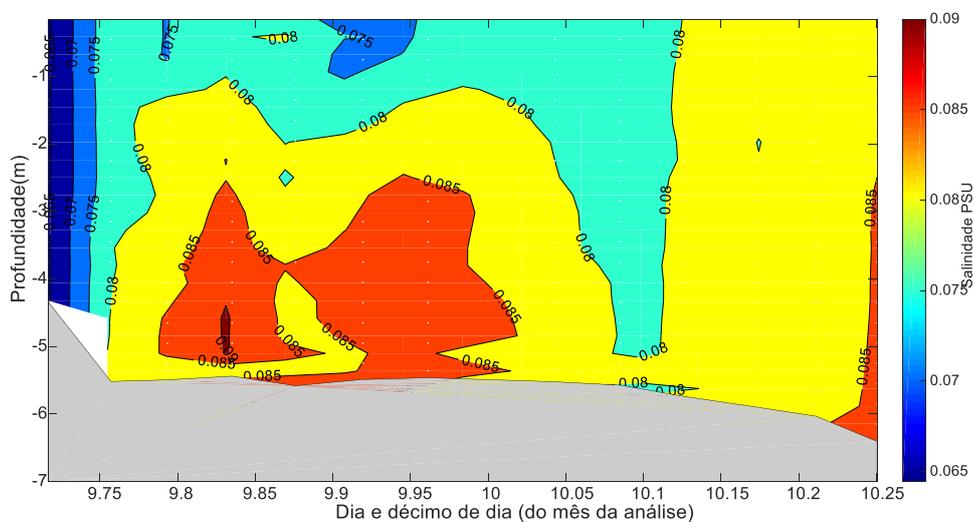


Figura 31: Distribuição temporal da salinidade da água durante o monitoramento fixo da cunha salina, realizado no dia 09 de junho de 2021, nas proximidades da bomba de captação de água da cidade de Penedinho, AL. Os pontos brancos representam o momento do dia da campanha quando os perfis foram realizados e o formato do fundo corresponde à variação do nível da coluna d'água ou o ponto máximo de alcance do CTD.

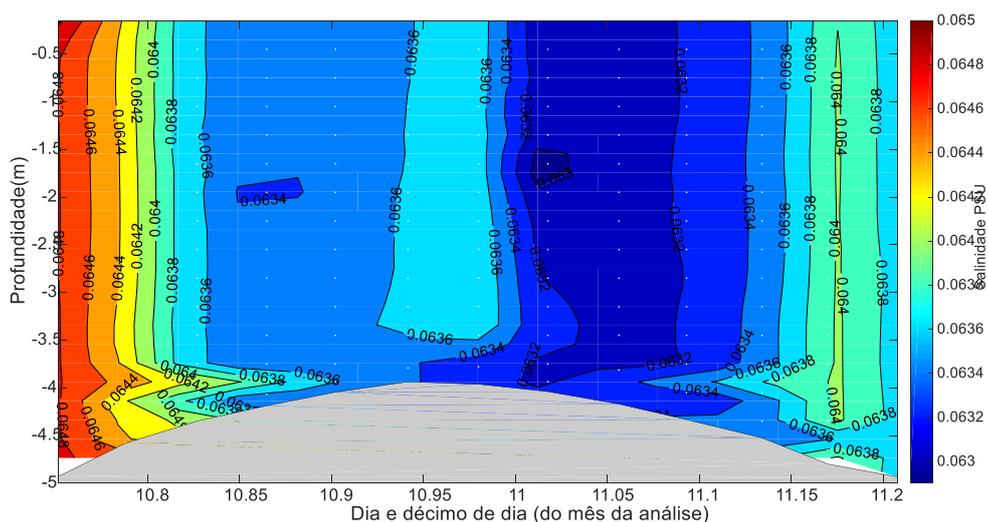


Figura 32: Distribuição temporal da salinidade da água durante o monitoramento fixo da cunha salina, realizado no dia 10 de junho de 2021, nas proximidades da bomba de captação de água da cidade de Brejo Grande, SE (ESF 32). Os pontos brancos representam o momento do dia da campanha quando os perfis foram realizados e o formato do fundo corresponde à variação do nível da coluna d'água ou o ponto máximo de alcance do CTD.

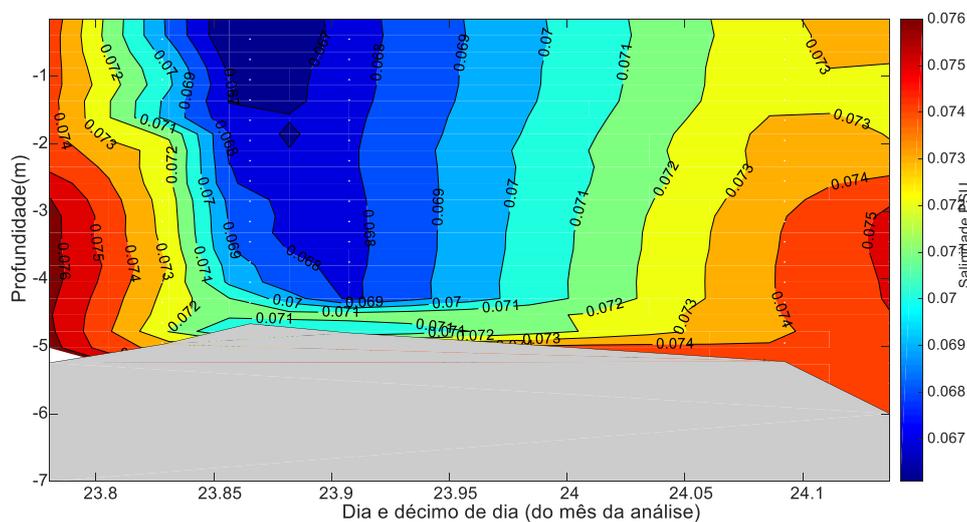


Figura 33: Distribuição temporal da salinidade da água durante o monitoramento fixo da cunha salina, realizado no dia 23 de junho de 2021, nas proximidades da bomba de captação de água da cidade de Penedinho-AL, ESF 30. Os pontos brancos representam o momento do dia da campanha quando os perfis foram realizados e o formato do fundo corresponde à variação do nível da coluna d'água ou o ponto máximo de alcance do CTD.

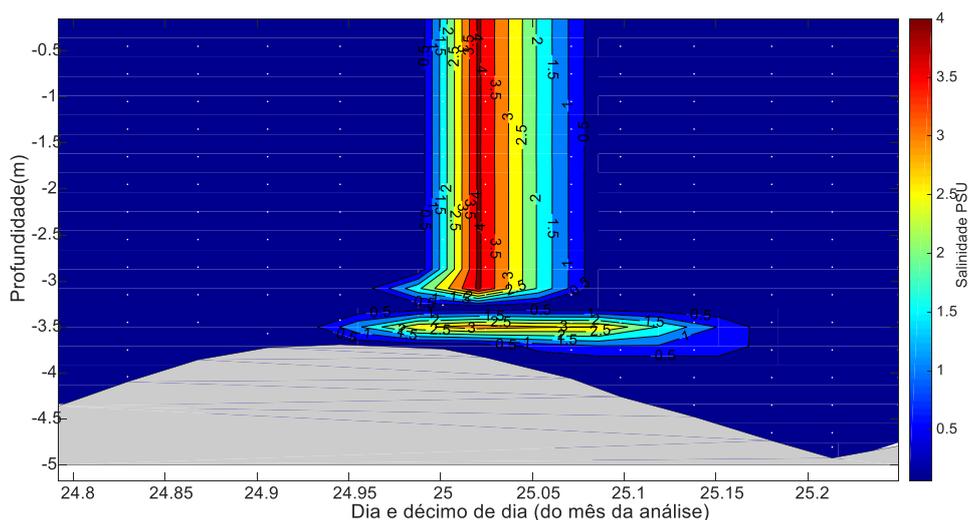


Figura 34: Distribuição temporal da salinidade da água durante o monitoramento fixo da cunha salina, realizado no dia 24 de junho de 2021, nas proximidades da bomba de captação de água de Brejo Grande (ESF 32). Os pontos brancos representam o momento do dia da campanha quando os perfis foram realizados e o formato do fundo corresponde à variação do nível da coluna d'água ou o ponto máximo de alcance do CTD.

Temperatura

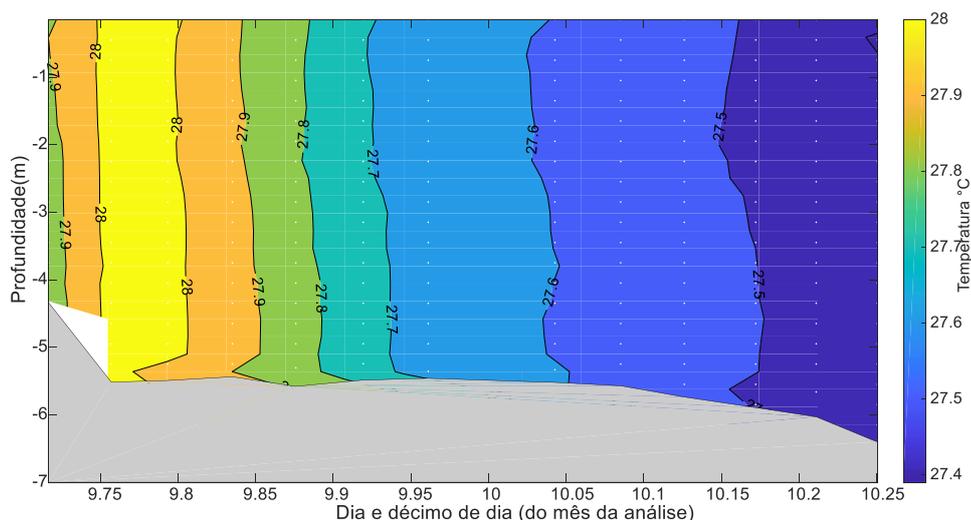


Figura 35: Distribuição temporal da temperatura da água durante o monitoramento fixo realizado no dia 09 de junho de 2021, nas proximidades da bomba de captação de água da cidade de Penedinho, AL (ESF 30). Os pontos brancos representam o momento do dia da campanha quando os perfis foram realizados e o formato do fundo corresponde à variação do nível da coluna d'água ou o ponto máximo de alcance do CTD.

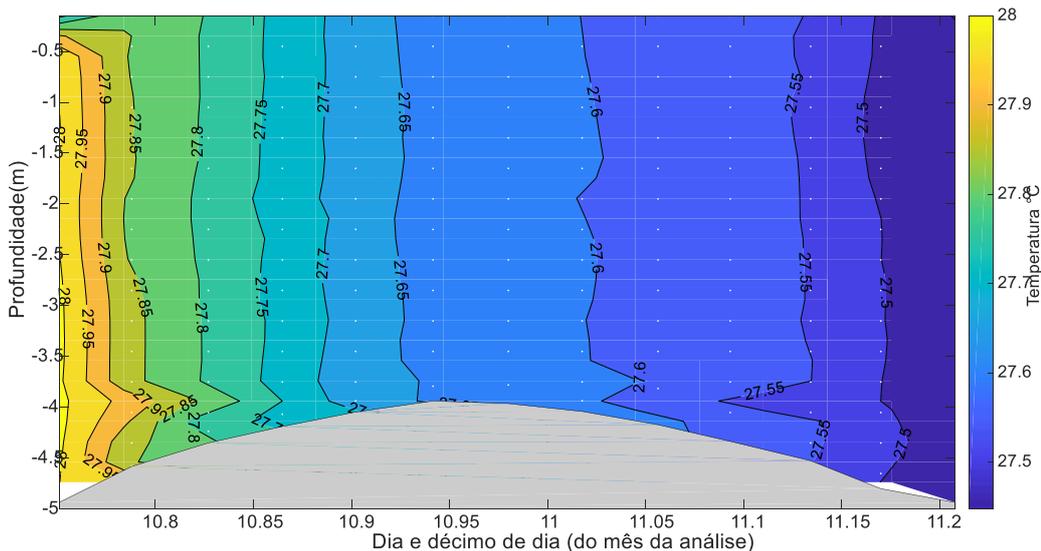


Figura 36: Distribuição temporal da temperatura para o monitoramento fixo de 12 horas da cunha salina, realizado no dia 10 de junho de 2021 nas proximidades da bomba de captação de água da cidade Brejo Grande-SE (ESF 32). Os pontos brancos representam o momento do dia da campanha quando os perfis foram realizados e o formato do fundo corresponde à variação do nível da coluna d'água ou o ponto máximo de alcance do CTD.

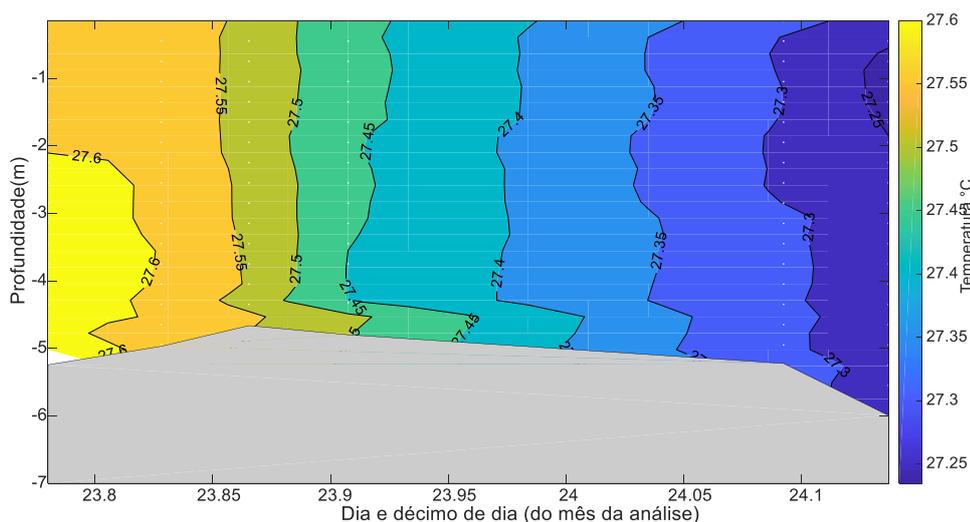


Figura 37: Distribuição temporal da temperatura para o monitoramento fixo de 12 horas da cunha salina, realizado no dia 23 de junho de 2021 nas proximidades da bomba de captação de água da cidade de Penedinho, AL (ESF 30). Os pontos brancos representam o momento do dia da campanha quando os perfis foram realizados e o formato do fundo corresponde à variação do nível da coluna d'água ou o ponto máximo de alcance do CTD.

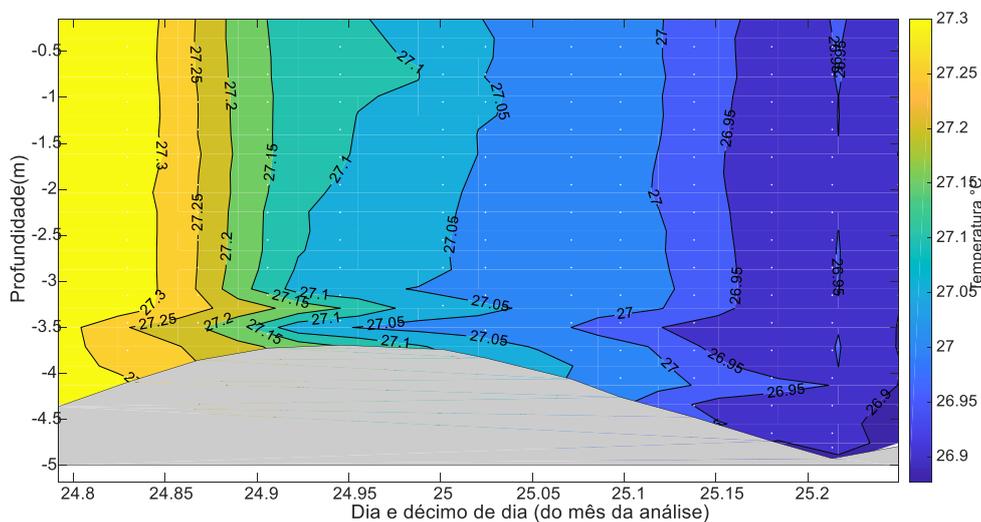


Figura 38: Distribuição temporal da temperatura para o monitoramento fixo de 12 horas da cunha salina, realizado no dia 24 de junho de 2021 nas proximidades da bomba de Brejo Grande ESF 32. Os pontos brancos representam o momento do dia da campanha quando os perfis foram realizados e o formato do fundo corresponde à variação do nível da coluna d'água ou o ponto máximo de alcance do CTD.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

As marés durante as campanhas de coleta variaram entre a altura mínima de 0,0 m nos dias 24 e 25 de junho de 2021 e a máxima de 2,1 m também nos dias no dia 24 e 25 de junho de 2021. Os ventos sopraram de forma predominantes da direção sudeste 181° , com velocidades média de $3,5 \text{ m.s}^{-1}$, e a temperatura atmosférica média foi de 27°C para o período de lua cheia e 26°C para o período de lua cheia.

As correntes apresentaram seu deslocamento de forma bidirecional, de acordo com a disposição geomorfológica de cada estação, tendo 8 delas (ESF D1, ESF 10, ESF 14, ESF 18, ESF 21, ESF 22, ESF 23 e ESF 25) apresentado variação entre o eixo de $120^\circ - 300^\circ$ (sudeste-noroeste), e as estações ESF, 26, ESF 27, ESF 28, ESF 30, ESF 31 e ESF 32 se deslocado no eixo nordeste-sudoeste. A correntes mais intensas foram registradas nos momentos de vazante da maré nas estações localizadas no eixo sudeste-noroeste (ESF D1, ESF 10, ESF 14, ESF 18, ESF 21, ESF 22e ESF 23); onde a velocidade média das correntes foi de $0,46 \text{ m.s}^{-1}$. As correntes mais fortes foram registradas na superfície da coluna d'água, tendo decrescido com o aprofundamento ao longo da coluna d'água.

A temperatura da água do rio não demonstrou um padrão definido longitudinalmente nas campanhas móveis, tendo a distribuição de temperatura estando aparentemente relacionada diretamente com as condições do tempo. No caso das campanhas fixas, a distribuição de temperatura está relacionada com o ciclo diurno. De forma geral, a mesma apresentou uma distribuição homogênea entre 27 e 28°C .

E, por fim e mais importante, foi o comportamento da salinidade no Baixo São Francisco, onde foi registrada nas campanhas móveis, a penetração da cunha salina durante a preamar atingiu o ponto ESF 14, distante aproximadamente 7,5 km (Tabela 01) da boca da barra do rio. A presença de água salgada na região mais próxima da foz esteve homogeneamente distribuída por toda a coluna d'água no período de preamar, atingindo picos de 33 PSU, diferente dos momentos de baixamar, quando a salinidade se concentrou no fundo dos perfis entre os pontos ESD D1 e ESF 10, distantes aproximadamente 7,54 km da foz do rio, atingindo picos entre 27 a 33 PSU.

Nas campanhas fixas, tanto em Brejo Grande quanto em Penedinho, a salinidade se manteve constante durante as 12 horas de monitoramento, em todas as 4 campanhas

referentes ao mês de junho de 2021. De maneira geral, os perfis de salinidade para as campanhas nos pontos fixos estiveram inferiores a 0.35 PSU, o que demonstra níveis seguros em relação à salinidade para a captação de água doce nos pontos ESF 32 (Brejo Grande - SE) e ESF 30 (Penedinho - AL). De acordo com a resolução do CONAMA 357 de 2015, a água é considerada doce até salinidade de 0,5 PSU, salobra de 0,5 a 30 PSU e salina a partir de 30 PSU.

REFERÊNCIAS CONSULTADAS

ANA- Agência Nacional de Águas 2020, acessado em 21 de julho de, 2021, no site <http://ana.gov.br>

ANA- Agência Nacional de Águas 2017, Resolução N° 2.081, de 04 de Junho de 2017. Condições de operação do sistema hídrico do Rio São Francisco.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA. Resolução no 357, de 17 de Junho de 2005. Brasília. 2005.

CETESB. Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. Variáveis de Qualidade das Águas. Disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br/Agua/rios/variaveis.asp#serie>. Acessado

Domingues, E. C; Schettini, C. A. F; Truccolo, E. C. Filho, J. C. O., 2017. Hydrography and current on the Pernambuco Continental Shelf, Brazilian Journal of Water Resources, Porto Alegre v. 22, e. 43,

Schettini, C.A.F., Miranda, J.B., Valle-Levinson, A., Truccolo, E.C., Domingues, E.C., 2016. The circulation of the lower Capibaribe estuary (Brazil) and its implications in the transport of scalars. Brazilian Journal of Oceanography. 64 (3), 263-276. (a)

Valle-Levinson, A. & Schettini, C.A.F 2015., Fortnightly switching of residual flow drivers in tropical semiarid estuary. Estuarine, Coastal and Shelf Science, 1-10.