

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

ADITIVO CTNE-70.2018.6530.01



EXECUÇÃO:



FUNDAÇÃO APOLÔNIO SALLES
F A D U R P E

RELATÓRIO MENSAL DE MONITORAMENTO DA CUNHA SALINA



AGOSTO, 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

Agosto 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

Dr. José Cavalcante de Oliveira Filho

Oceanógrafo (Consultor)

Equipe de campo

Anderson Eduardo Felix da Silva

Graduando em Engenharia de Pesca

Pedro Vinícius de Oliveira Ribeiro

Engenheiro de pesca

Sumário

1	Área de trabalho	11
2	Metodologia.....	12
3	Resultados.....	15
	MONITORAMENTOS MÓVEIS (LONGITUDINAIS)	15
	Dados hidrodinâmicos.....	21
	Campanhas móveis realizadas nos dias 10 e 11 de agosto de 2021	22
	Campanhas móveis realizadas nos dias 26 e 27 de agosto de 2021	26
	Resultados do CTD	30
	MONITORAMENTO FIXO.....	40
	Dados hidrodinâmicos, campanhas fixas realizadas nos dias 09,10, 25 e 26 de agosto 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 baixamar da maré de sizígia (lua cheia) do dia 10/08/2021.....	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 preamar da maré de sizígia (lua cheia) do dia 10/08/2021.	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 baixamar da maré de sizígia (lua cheia) do dia 11/08/2021.	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 preamar da maré de sizígia (lua cheia) do dia 11/08/2021.	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 a baixamar da maré de sizígia (lua nova) do dia 26/08/2021.	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 a preamar da maré de sizígia (lua nova) do dia 26/08/2021.	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 a baixamar da maré de sizígia (lua nova) do dia 27/08/2021.	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 baixamar da maré de sizígia (lua nova) do dia 27/08/2021.	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 baixamar do dia 10/08/2021. 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 preamar do dia 10/08/2021. 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 baixamar do dia 11/08/2021. 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 preamar do dia 11/08/2021. 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 26/08/2021. 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 preamar do dia 26/08/ 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 baixamar do dia 27/08/ 2021. Os pontos brancos indicam a localização longitudinal de cada perfil.34
- Figura 20:** 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 27/08/ 2021. Os pontos brancos indicam a localização longitudinal de cada perfil.34
- 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 10/08/2021. 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 10/08/2021. Os pontos brancos indicam a localização longitudinal de cada perfil.36
- 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 11/08/2021. 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 preamar do dia 11/08/2021. Os pontos brancos indicam a localização longitudinal de cada perfil.37
- 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 26/08/ 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 26/08/2021. Os pontos brancos indicam a localização longitudinal de cada perfil.38
- Figura 27:** 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 27/08/2021. Os pontos brancos indicam a localização longitudinal de cada perfil.39
- Figura 28:** 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 27/08/2021. Os pontos brancos indicam a localização longitudinal de cada perfil.39
- Figura 29:** Dados hidrodinâmicos coletados durante a campanha fixa em Penedinho (ESF 30), no dia 09/08/2021. As barras azuis representam a velocidade da corrente e a linha azul a direção.41



- Figura 30:** Dados hidrodinâmicos coletados durante a campanha fixa na bomba de captação de água da cidade de Brejo Grande, AL (ESF 32), no dia 10/08/2021. As barras azuis representam a velocidade da corrente e a linha azul a direção.42
- Figura 31:** Dados hidrodinâmicos coletados durante a campanha fixa na bomba de captação de água da cidade de Penedinho-SE (ESF 30), no dia 25/08/2021. As barras azuis representam a velocidade da corrente e a linha azul a direção.43
- Figura 32:** Dados hidrodinâmicos coletados durante a campanha fixa na bomba de captação de água da cidade de Brejo Grande, SE (ESF 32), no dia 26/08/ 2021. As barras azuis representam a velocidade da corrente e a linha laranja a direção.44
- Figura 33:** Distribuição temporal da salinidade da água durante o monitoramento fixo da cunha salina, realizado no dia 10/08/2021, 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 34:** Distribuição temporal da salinidade da água durante o monitoramento fixo da cunha salina, realizado no dia 11/08/2021, 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 35:** Distribuição temporal da salinidade da água durante o monitoramento fixo da cunha salina, realizado no dia 25/08/2021, 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 36:** Distribuição temporal da salinidade da água durante o monitoramento fixo da cunha salina, realizado no dia 26/08/2021, 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 37:** Distribuição temporal da temperatura da água durante o monitoramento fixo realizado no dia 10/08/2021, 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 38:** Distribuição temporal da temperatura para o monitoramento fixo de 12 horas da cunha salina, realizado no dia 11/08/2021 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 39:** Distribuição temporal da temperatura para o monitoramento fixo de 12 horas da cunha salina, realizado no dia 25/08/2021 nas proximidades da bomba de captação de água da cidade de Penedinho (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 40:** Distribuição temporal da temperatura para o monitoramento fixo de 12 horas da cunha salina, realizado no dia 26/08/2021 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 (10 e 11/08/2021) e lua cheia (26 e 27/08/2021) 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 baixamar da maré de sizígia (lua cheia) do dia 10/08/2021, 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 preamar da maré de sizígia (lua cheia) do dia 10/08/2021, 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 baixamar da maré de sizígia (lua cheia) do dia 11/08/2021 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 preamar da maré de sizígia (lua cheia) do dia 11/08/2021, 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 26/08/2021, na foz do Ri 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 26/08/2021, 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 baixamar da maré de sizígia (lua nova) do dia 27/08/2021, 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 27/08/ 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 agosto 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 baixamar da maré de sizígia (lua cheia) do 10/08/ 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 preamar da maré de sizígia (lua cheia) do dia 10/08/2021, 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 baixamar da maré de sizígia (lua cheia) do dia 11/08/2021, 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 preamar da maré de sizígia (lua cheia) do dia 11/08/2021, 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 a baixamar da maré de sizígia (lua nova) do dia 26/08/2021, 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 26/08/2021, 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 27/08/ 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 27/08/2021, 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 09/08/2021.	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 10/08/2021.	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 25/08/2021.	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 26/08/2021	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 Julho 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.

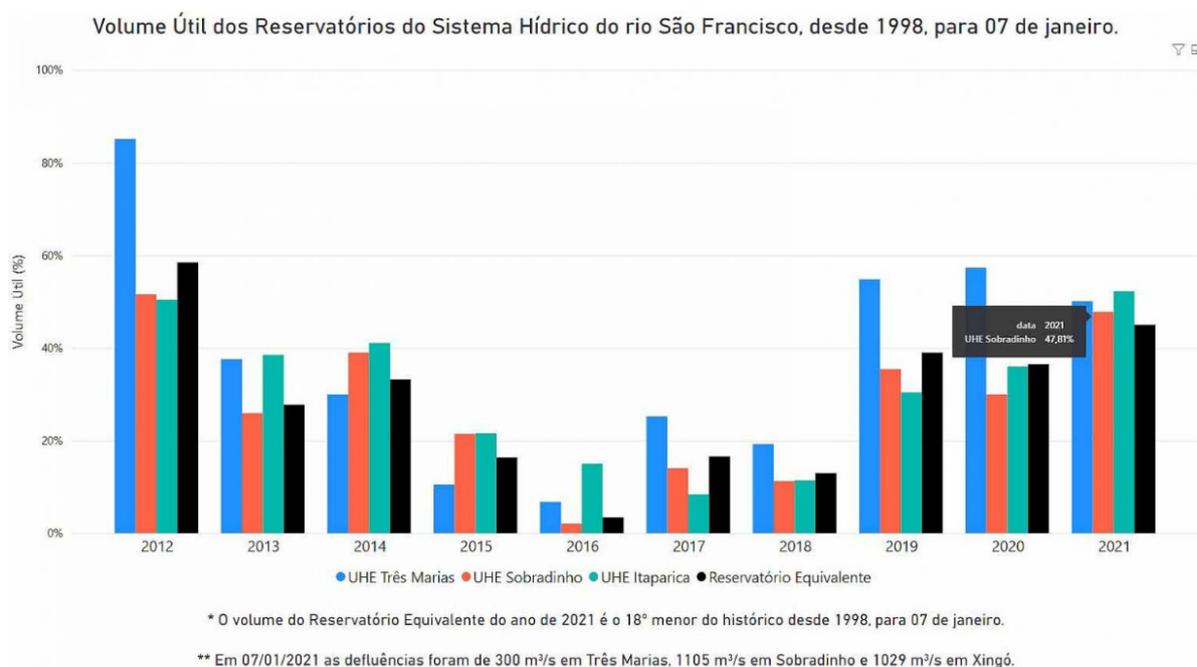


Figura 1: Série histórica de 2012 a 2021 do acúmulo de água nos reservatórios ao longo do rio São Francisco. Fonte: <www.ana.gov.br>.

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).

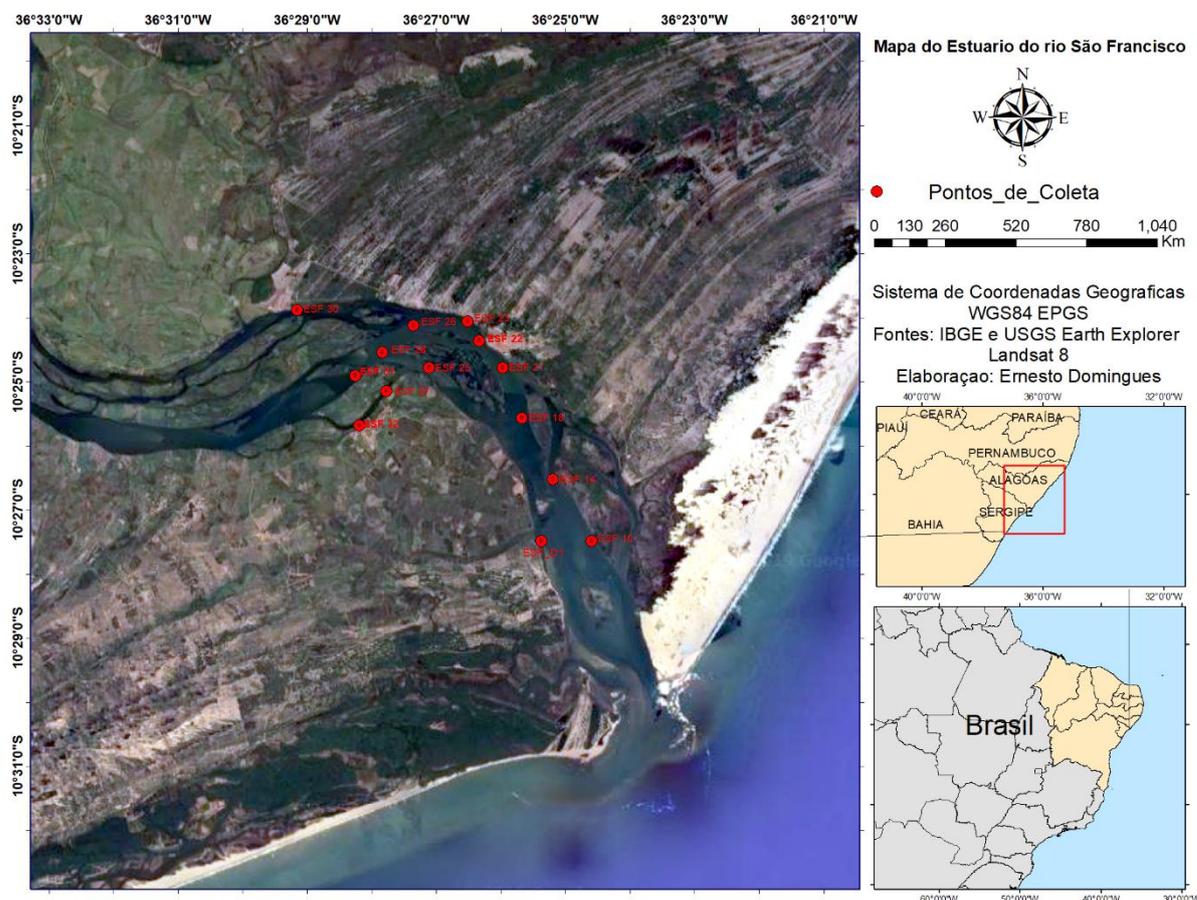


Figura 2: Localização das estações de monitoramento da introdução da cunha salina no trecho inferior do rio São Francisco. A posição das estações está marcada em vermelho.

2 Metodologia

O monitoramento da cunha salina referente ao mês de agosto 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.

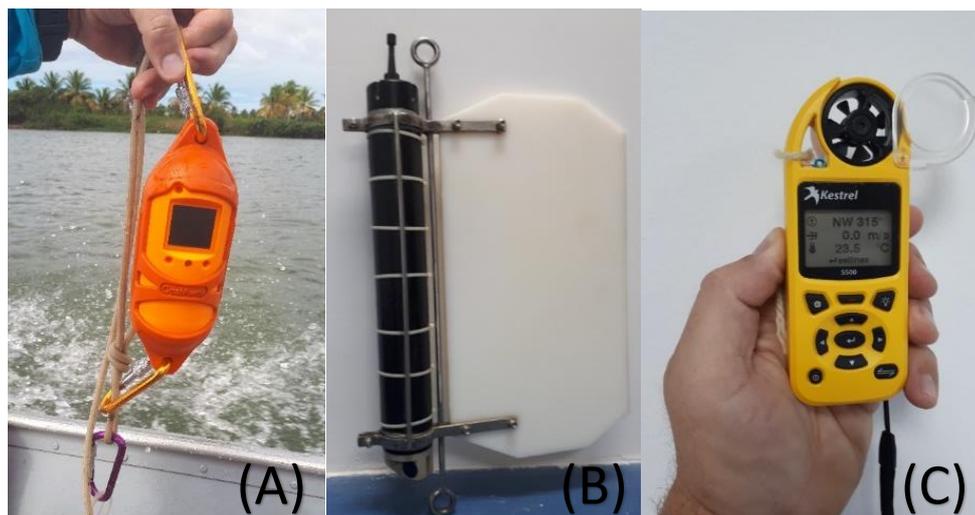


Figura 4: Instrumentos empregados na mensuração das variáveis meteorológicas e hidrológicas: CTD YSI CAsTaway (A), correntômetro Aquadopp Current Meter (B) e mini-estação Kestrel (C).

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 (10 e 11/08/2021) e lua cheia (26 e 27/08/2021) dados relativos ao Terminal Marítimo Inácio Barbosa - SE (DHN).

Campanhas móveis			
Lua	Datas	Hora	Alt. da Maré (m)
Cheia	10/08/2021	04:00	0,1
		06:09	2,2
		12:28	0,2
		18:34	2,0
	11/08/2021	00:47	0,2
		06:56	2,1
		13:11	0,3
		19:17	1,9
Nova	26/08/2021	00:49	0,4
		06:51	1,8
		13:04	0,6
		19:04	1,7
	27/08/2021	01:28	0,6
		07:34	1,6
		13:49	0,7
		19:53	1,6

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 baixamar da maré de sizígia (lua cheia) do dia 10/08/2021, na foz do Rio São Francisco.

Data	Hora	Direção (°)	Vel. (m.s ⁻¹)	Temp. ar (°C)
10.08.21	09:15	120	2,0	24,0
	09:32	131	4,0	24,0
	09:46	136	3,5	24,0
	09:56	120	2,1	24,0
	10:05	145	1,5	25,0
	10:17	120	4,0	25,0
	10:25	129	3,8	25,0
	10:34	150	3,2	25,0
	10:42	148	3,0	25,0
	10:48	142	2,0	25,0
	10:59	139	1,0	25,0
	11:06	0	0	25,0
	11:13	144	0	25,0
Média		125	2,3	24,7

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 preamar da maré de sizígia (lua cheia) do dia 10/08/2021, na foz do Rio São Francisco.

Data	Hora	Direção (°)	Vel. (m.s ⁻¹)	Temp. ar (°C)
10.08.21	14:28	176	5,0	27,0
	14:40	149	5,0	27,0
	15:55	169	2,2	27,0
	15:04	130	2,0	27,0
	15:19	136	2,0	27,0
	15:23	161	2,3	27,0
	15:32	159	2,3	27,0
	15:40	129	2,2	27,0
	15:59	131	1,0	27,0
	16:12	132	1,0	27,0
	16:20	102	0,1	27,0
	16:28	132	2,1	27,0
	Média		142	2,27

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 baixamar da maré de sizígia (lua cheia) do dia 11/08/2021 na foz do Rio São Francisco.

Data	Hora	Direção (°)	Vel. (m.s ⁻¹)	Temp. ar (°C)
11.08.21	09:30	104	2,3	27,0
	09:48	249	2,2	27,0
	09:59	138	1,0	27,0
	10:10	180	1,1	27,0
	10:21	137	1,0	27,0
	10:30	140	1,7	27,0
	10:39	210	0,9	27,0
	10:49	311	0,2	27,0
	11:05	204	1,2	27,0
	11:16	141	1,0	27,0
	11:23	181	0,5	27,0
	11:30	150	1,2	27,0
Média		179	1,2	27,0

Tabela 6: Dados da direção e velocidade do vento e temperatura atmosférica em cada estação de amostragem da cunha salina, durante a preamar da maré de sizígia (lua cheia) do dia 11/08/2021, na foz do Rio São Francisco.

Data	Hora	Direção (°)	Vel. (m.s ⁻¹)	Temp. ar (°C)
11.08.21	14:31	163	5,0	27,0
	14:40	177	5,0	27,0
	14:55	147	5,0	27,0
	15:06	149	5,0	27,0
	15:15	136	5,0	27,0
	15:22	126	5,0	27,0
	15:28	153	4,0	27,0
	15:37	145	3,5	27,0
	15:51	147	2,5	27,0
	16:00	76	1,0	27,0
	16:10	93	0,1	27,0
	16:17	107	2,5	27,0
Média		135	3,6	27,0

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 26/08/2021, na foz do Ri São Francisco.

Data	Hora	Direção (°)	Vel. (m.s ⁻¹)	Temp. ar (°C)
26.8.21	09:16	106	5,5	26,6
	09:30	109	2,8	26,9
	09:48	98	5,5	26,6
	09:57	108	3,6	26,7
	10:12	187	4,6	27,1
	10:20	76	4,3	27,2
	10:31	95	2,9	27,1
	10:42	120	2,9	27,1
	10:57	87	4,0	26,5
	11:09	107	1,0	27,7
	11:16	92	1,2	27,2
	11:24	105	4,0	26,6
Média		108	3,3	27,0

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 26/08/2021, na foz do Rio São Francisco.

Data	Hora	Direção (°)	Vel. (m.s ⁻¹)	Temp. ar (°C)
26/08/2021	14:27	92	4,4	26,4
	14:38	93	1,9	26,4
	14:48	101	4,7	26,9
	14:56	104	3,9	26,6
	15:05	92	6,4	26,7
	15:13	102	4,4	27,2
	15:21	97	3,9	27,0
	15:29	102	4,7	27,0
	15:37	94	4,0	26,6
	15:44	84	5,0	26,7
	15:54	83	3,4	26,8
	16:00	78	1,1	28,8
	16:08	88	1,1	26,6
	Média		93	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 baixamar da maré de sizígia (lua nova) do dia 27/08/2021, na foz do Rio São Francisco.

Data	Hora	Direção (°)	Vel. (m.s ⁻¹)	Temp. ar (°C)
27/08/2021	08:18	67	3,6	26,6
	10:29	65	2,1	27,8
	10:29	87	3,6	26,4
	10:40	61	3,8	26,0
	10:48	79	4,0	24,6
	10:57	79	2,0	25,4
	11:06	96	4,8	26,7
	11:13	91	4,0	24,5
	11:30	98	4,3	23,9
	11:44	86	1,0	23,4
	11:50	85	1,8	23,6
	11:54	120	4,7	24,6
Média		85	3,0	25,0

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 27/08/ 2021, na foz do Rio São Francisco.

Data	Hora	Direção (°)	Vel. (m.s ⁻¹)	Temp. ar (°C)
27/08/2021	12:06	87	5,5	25,5
	14:18	94	3,4	25,6
	14:27	78	3,7	25,8
	14:35	64	6,5	24,0
	14:44	85	1,8	24,3
	14:53	69	1,2	25,0
	15:02	122	1,2	25,7
	15:10	106	3,0	24,4
	15:24	105	2,5	23,6
	15:35	67	1,0	25,9
	15:42	63	0,5	26,0
	15:50	85	3,1	25,8
Média		85	3,0	25,0

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 em $1300 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. A altura da baixamar e preamar foi de, respectivamente, 0,1; 0,2; 2,1 e 1,9 m na lua cheia, e aqueles de lua nova, de 0,4; 0,6; 1,6 e 1,7 m (Tabela 2).

O período analisado no presente relatório, os ventos sopraram predominantemente da direção de 118° , com velocidade média de $2,91 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$. Os ventos mais intensos foram registrados no período de lua nova, apresentando máxima de $6,5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$, enquanto a média da temperatura atmosférica média foi de $26,22^\circ\text{C}$ (Tabela 11).

Na fase de lua nova, a direção predominante do vento foi leste (92°), com velocidade média de $3,3 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ e temperatura média do ar de $26,03^\circ\text{C}$ (Tabela 11). Na fase de lua cheia, o vento apresentou direção predominante sudeste (144°), com velocidade média de $2,53 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ e temperatura média do ar de $26,4^\circ\text{C}$ (Tabela 11).

Tabela 11: Médias gerais dos dados de vento para as medições referentes às luas nova e cheia do mês de agosto 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	76,00	144,52	311,00	0,10	2,53	5,00	24,00	26,41	27,00
Lua Nova	61,00	92,63	187,00	0,50	3,30	6,50	23,44	26,03	28,80
Média	68,50	118,58	249,00	0,30	2,91	5,75	23,72	26,22	27,90

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 $0,45 \text{ m.s}^{-1}$, a estação amostral que apresentou a maior intensidade de corrente foi a estação ESF 14, que no dia 10 de agosto apresentou velocidade de $0,87 \text{ m.s}^{-1}$. Nas duas luas, a direção da corrente na baixamar esteve predominante 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 $0,45 \text{ m.s}^{-1}$, já na baixamar a média foi de $0,44 \text{ m.s}^{-1}$.

Campanhas móveis realizadas nos dias 10 e 11 de agosto de 2021

Tabela 12: 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 10/08/ 2021, na foz do Rio São Francisco.

Data	Hora	Vel. (m.s ⁻¹)	Direção (°)
10.08.21	09:15	0,642	151
	09:32	0,768	175
	09:46	0,873	192
	09:56	0,770	185
	10:05	0,644	149
	10:17	0,634	160
	10:25	0,433	149
	10:34	0,809	89
	10:42	0,466	94
	10:48	0,819	99
	10:59	0,783	84
	11:06	0,682	64
	11:13	0,381	144

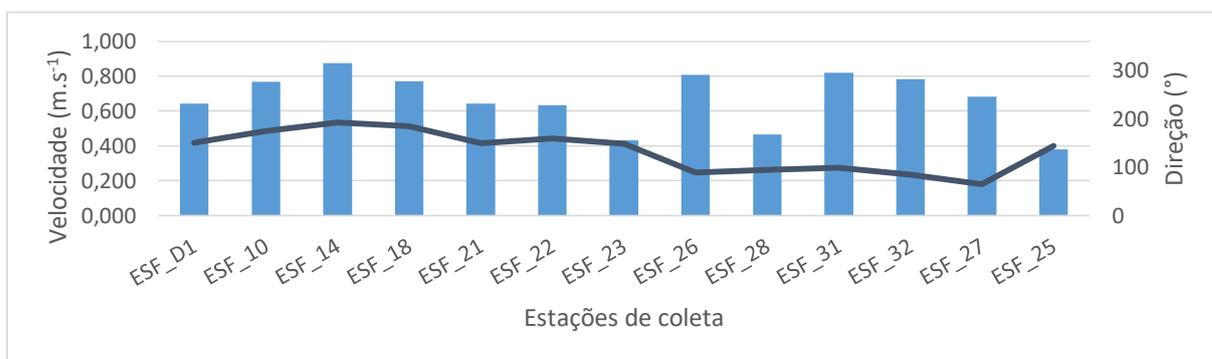


Figura 5: Variação média da velocidade (barras azuis) e da direção (linha azul escuro) das correntes na coluna entre pelas estações de amostragem da cunha salina da foz do Rio São Francisco, durante a baixamar da maré de sizígia (lua cheia) do dia 10/08/ 2021.

Tabela 13: 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 10/08/2021, na foz do Rio São Francisco.

Data	Hora	Vel. (m.s ⁻¹)	Direção (°)
10.08.21	14:28	0,236	272
	14:40	0,405	160
	15:55	0,394	119
	15:04	0,308	239
	15:19	0,205	247
	15:23	0,470	347
	15:32	0,507	320
	15:40	0,434	268
	15:59	0,493	263
	16:12	0,370	257
	16:20	0,412	233
	16:28	0,507	317

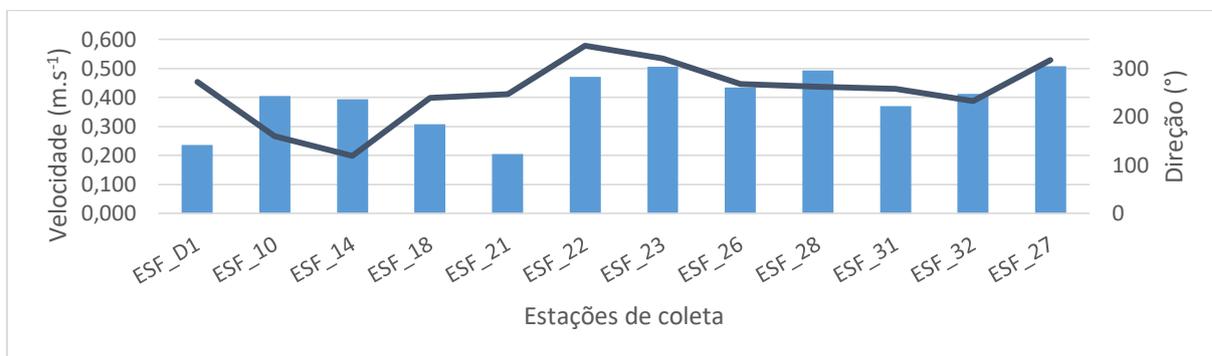


Figura 6: Variação média da velocidade (barras azuis) e da direção (linha azul escuro) das correntes na coluna entre pelas estações de amostragem da cunha salina da foz do Rio São Francisco, durante preamar da maré de sizígia (lua cheia) do dia 10/08/2021.

Tabela 14: 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 11/08/2021, na foz do Rio São Francisco.

Data	Hora	Vel. (m.s ⁻¹)	Direção (°)
11.08.21	09:30	0,626	184
	09:48	0,544	212
	09:59	0,794	183
	10:10	0,731	185
	10:21	0,798	164
	10:30	0,828	165
	10:39	0,461	145
	10:49	0,780	101
	11:05	0,778	106
	11:16	0,595	82
	11:23	0,640	61
	11:30	0,648	141

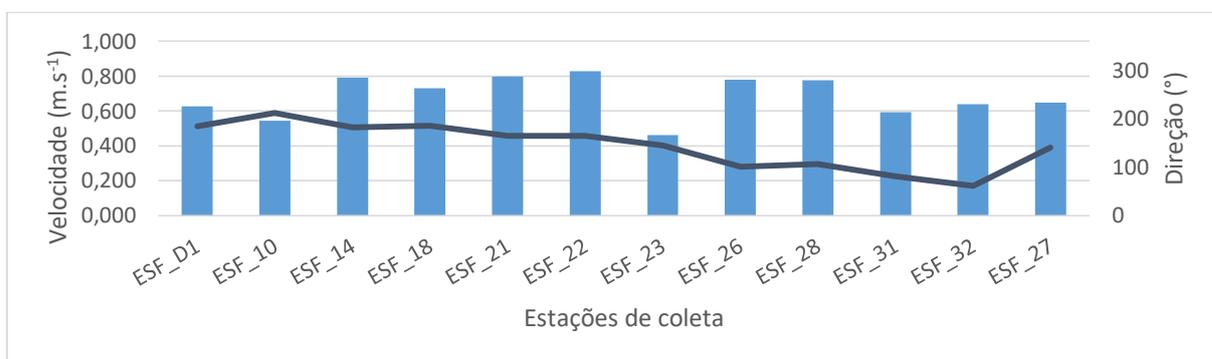


Figura 7: Variação média da velocidade (barras azuis) e da direção (linha azul escura) das correntes na coluna entre pelas estações de amostragem da cunha salina da foz do Rio São Francisco, durante baixamar da maré de sizígia (lua cheia) do dia 11/08/2021.

Tabela 15: 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 11/08/2021, na foz do Rio São Francisco.

Data	Hora	Vel. (m.s ⁻¹)	Direção (°)
11.08.21	14:31	0,101	77
	14:40	0,198	160
	14:55	0,280	351
	15:06	0,214	75
	15:15	0,140	194
	15:22	0,233	335
	15:28	0,255	324
	15:37	0,295	268
	15:51	0,397	261
	16:00	0,280	261
	16:10	0,378	236
	16:17	0,457	310

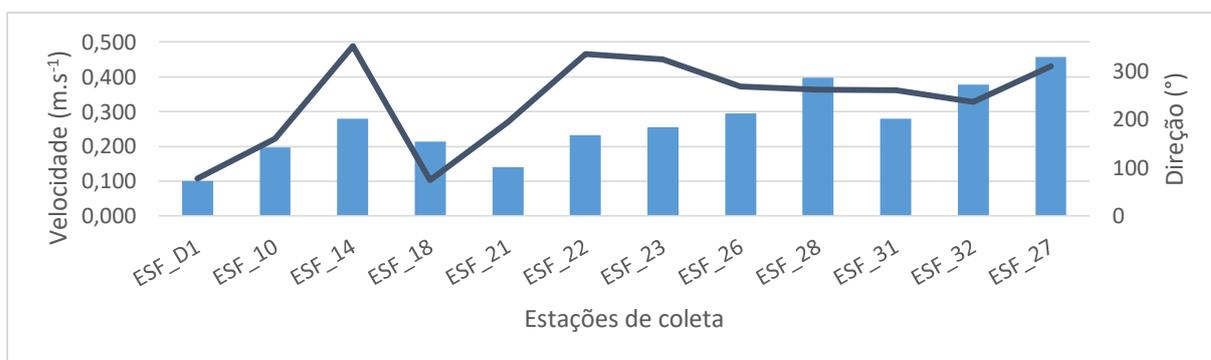


Figura 8: Variação média da velocidade (barras azuis) e da direção (linha azul escuro) das correntes na coluna entre pelas estações de amostragem da cunha salina da foz do Rio São Francisco, durante a preamar da maré de sizígia (lua cheia) do dia 11/08/2021.

Campanhas móveis realizadas nos dias 26 e 27 de agosto de 2021

Tabela 16: 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 26/08/2021, na foz do Rio São Francisco.

Data	Hora	Vel. (m.s ⁻¹)	Direção (°)
26.8.21	09:16	0,517	164
	09:30	0,452	187
	09:48	0,658	179
	09:57	0,708	183
	10:12	0,627	166
	10:20	0,509	166
	10:31	0,725	144
	10:42	0,740	92
	10:57	0,694	98
	11:09	0,618	84
	11:16	0,575	61
	11:24	0,615	278

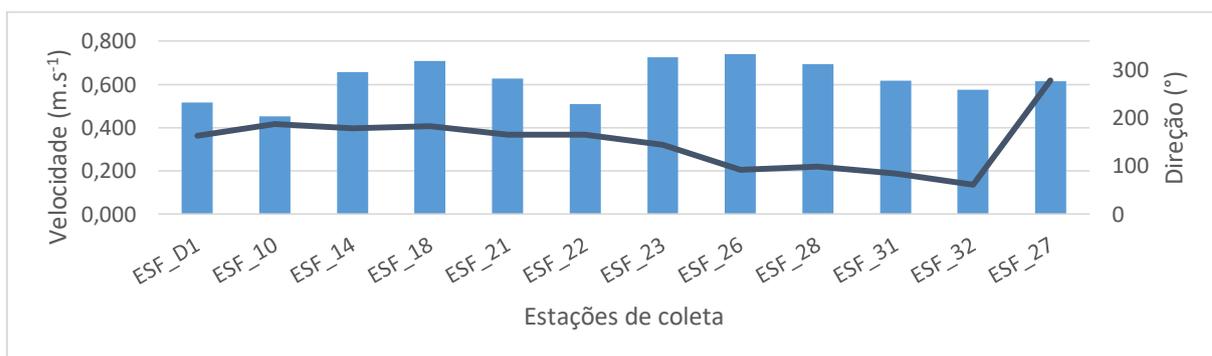


Figura 9: Variação média da velocidade (barras azuis) e da direção (linha azul escuro) das correntes na coluna entre pelas estações de amostragem da cunha salina da foz do Rio São Francisco, durante a baixamar da maré de sizígia (lua nova) do dia 26/08/2021.

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 26/08/2021, na foz do Rio São Francisco.

Data	Hora	Vel. (m.s ⁻¹)	Direção (°)
26/08/2021	14:27	0,086	185
	14:38	0,229	26
	14:48	0,127	347
	14:56	0,154	199
	15:05	0,228	171
	15:13	0,093	358
	15:21	0,129	224
	15:29	0,064	93
	15:37	0,247	60
	15:44	0,066	74
	15:54	0,038	319
	16:00	0,166	219
	16:08	0,316	307

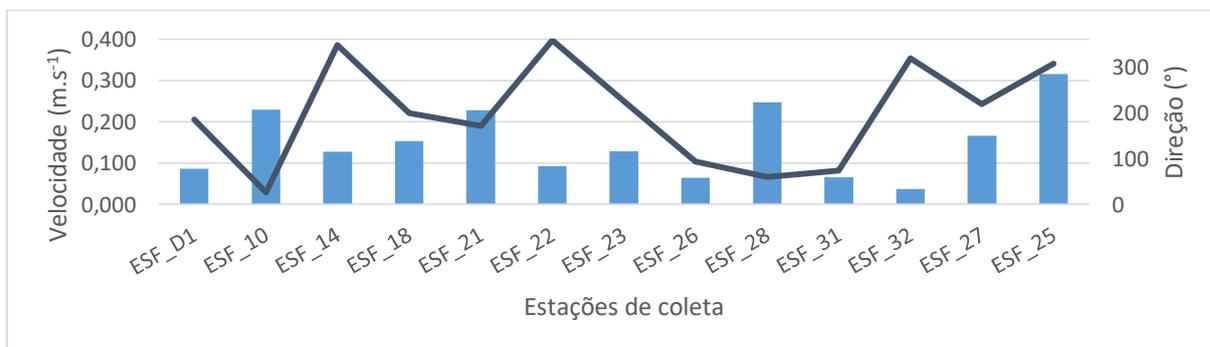


Figura 10: Variação média da velocidade (barras azuis) e da direção (linha azul escura) das correntes na coluna entre pelas estações de amostragem da cunha salina da foz do Rio São Francisco, durante a preamar da maré de sizígia (lua nova) do dia 26/08/2021.

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 27/08/ 2021, na foz do Rio São Francisco.

Data	Hora	Vel. (m.s ⁻¹)	Direção (°)
27/08/2021	08:18	0,408	170
	10:29	0,195	167
	10:29	0,687	183
	10:40	0,705	187
	10:48	0,532	175
	10:57	0,685	159
	11:06	0,311	138
	11:13	0,625	90
	11:30	0,632	80
	11:44	0,438	83
	11:50	0,515	74
	11:54	0,520	150

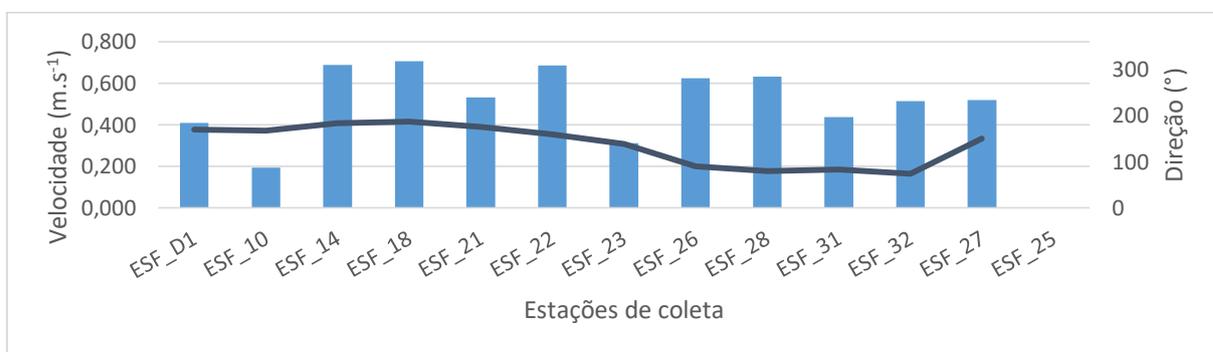


Figura 11: Variação média da velocidade (barras azuis) e da direção (linha azul escura) das correntes na coluna entre pelas estações de amostragem da cunha salina da foz do Rio São Francisco, durante a baixamar da maré de sizígia (lua nova) do dia 27/08/2021.

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 27/08/2021, na foz do Rio São Francisco.

Data	Hora	Vel. (m.s ⁻¹)	Direção (°)
27/08/2021	12:06	0,186	202
	14:18	0,085	67
	14:27	0,289	192
	14:35	0,323	190
	14:44	0,396	173
	14:53	0,362	173
	15:02	0,288	135
	15:10	0,271	83
	15:24	0,367	102
	15:35	0,241	84
	15:42	0,175	30
	15:50	0,183	234

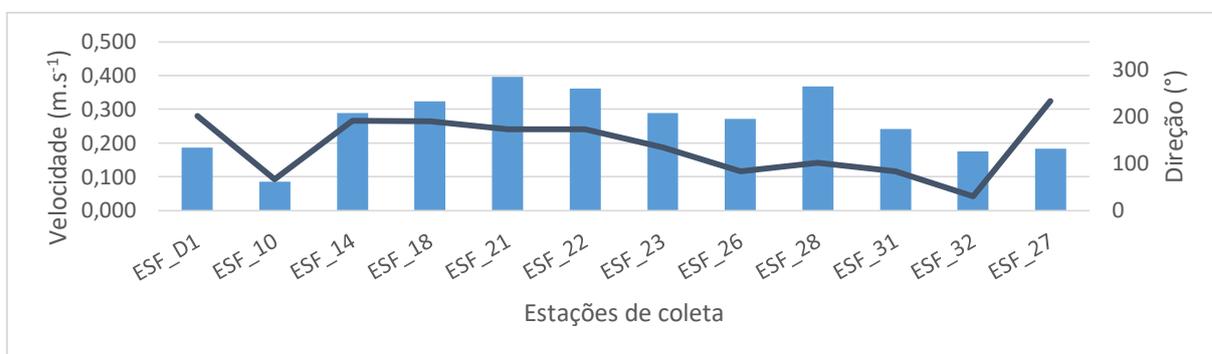


Figura 12: Variação média da velocidade (barras azuis) e da direção (linha azul escura) das correntes na coluna entre pelas estações de amostragem da cunha salina da foz do Rio São Francisco, durante baixamar da maré de sizígia (lua nova) do dia 27/08/2021.

Resultados do CTD

Salinidade

As Figuras 13 a 19 demonstram a penetração da cunha salina na baixamar e preamar dos dois períodos de sizígia analisados referentes a agosto 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 agosto 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 18 (distante 9,5 km da foz), como pode se ver na Figura 13, a qual representa a coleta realizada no dia 10 de agosto de 2021. O mesmo podemos visualizar nas Figuras 15, 17 e 19. Através dos gráficos gerados foi possível verificar que a cunha salina penetrou menos nos períodos de baixamar.

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

Baixamar e preamar dos dias 10 e 11 de agosto de 2021.

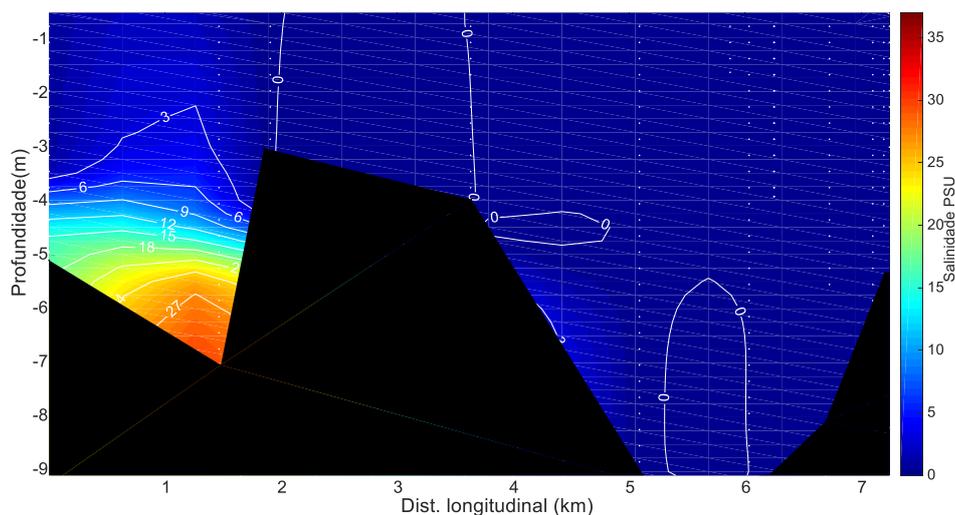


Figura 13: Distribuição longitudinal da salinidade na foz do rio São Francisco, variando da estação ESF 10 (ponto mais próximo à foz) à ESF 30 (ponto mais distante da foz), no período de baixamar do dia 10/08/2021. Os pontos brancos indicam a localização longitudinal de cada perfil.

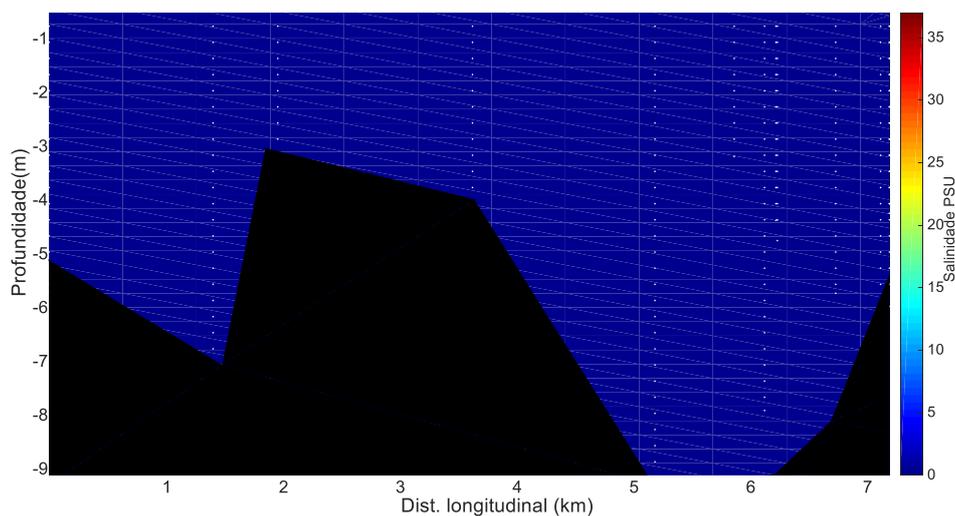


Figura 14: Distribuição longitudinal da salinidade na foz do rio São Francisco, variando da estação ESF 10 (ponto mais próximo à foz) à ESF 30 (ponto mais distante da foz), no período de preamar do dia 10/08/2021. Os pontos brancos indicam a localização longitudinal de cada perfil.

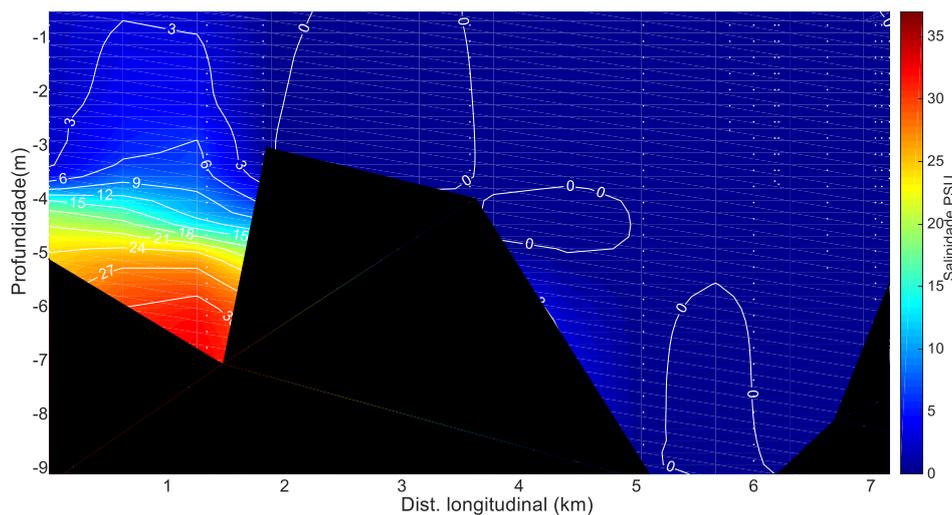


Figura 15: Distribuição longitudinal da salinidade na foz do rio São Francisco, variando da estação ESF 10 (ponto mais próximo à foz) à ESF 30 (ponto mais distante da foz), no período de baixamar do dia 11/08/2021. Os pontos brancos indicam a localização longitudinal de cada perfil.

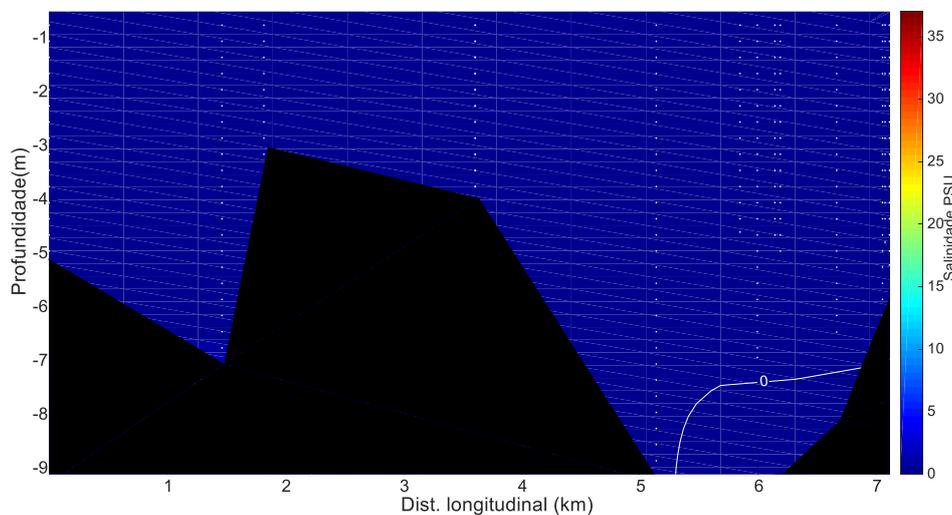


Figura 16: Distribuição longitudinal da salinidade na foz do rio São Francisco, variando da estação ESF 10 (ponto mais próximo à foz) à ESF 30 (ponto mais distante da foz), no período de preamar do dia 11/08/2021. Os pontos brancos indicam a localização longitudinal de cada perfil.

Baixamar e preamar dos dias 26 e 27 de agosto de 2021.

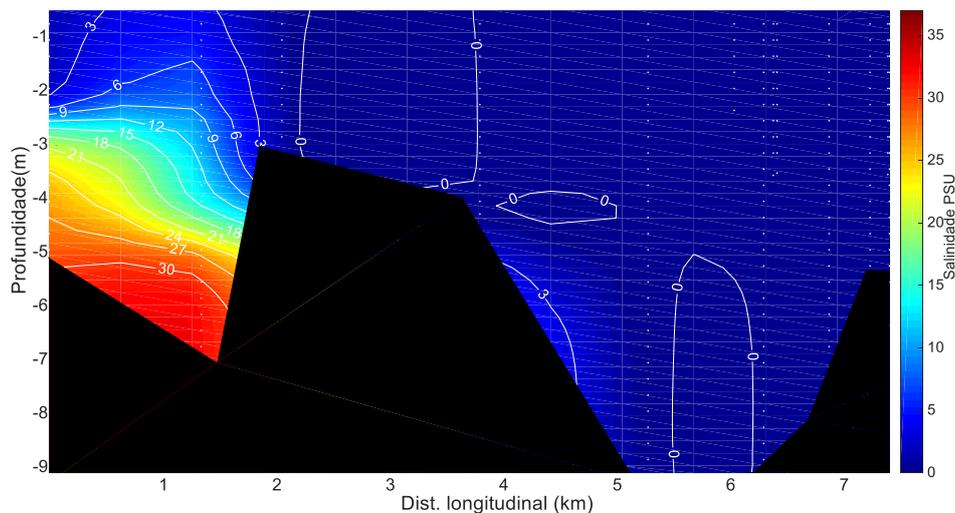


Figura 17: Distribuição longitudinal da salinidade na foz do rio São Francisco, variando da estação ESF 10 (ponto mais próximo à foz) à ESF 30 (ponto mais distante da foz), no período de baixamar do dia 26/08/2021. Os pontos brancos indicam a localização longitudinal de cada perfil.

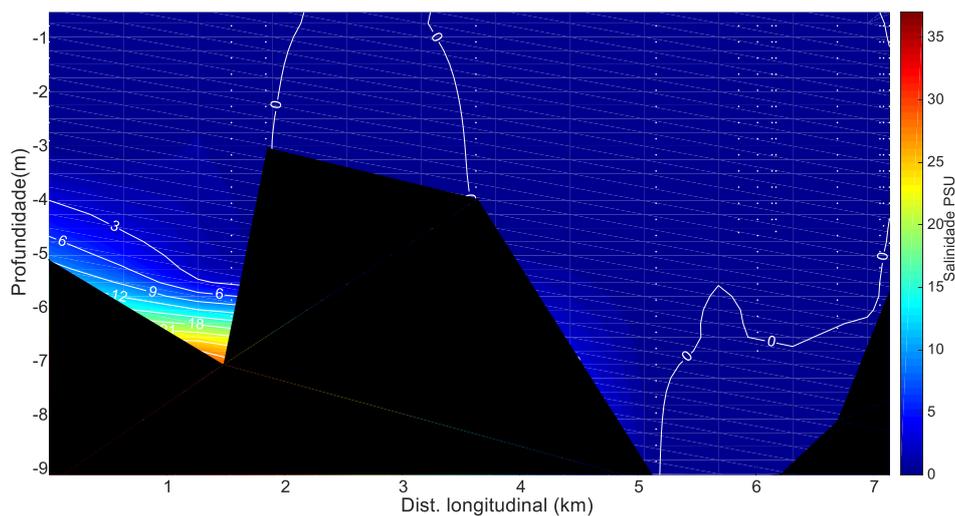


Figura 18: Distribuição longitudinal da salinidade na foz do rio São Francisco, variando da estação ESF 10 (ponto mais próximo à foz) à ESF 30 (ponto mais distante da foz), no período de preamar do dia 26/08/2021. Os pontos brancos indicam a localização longitudinal de cada perfil.

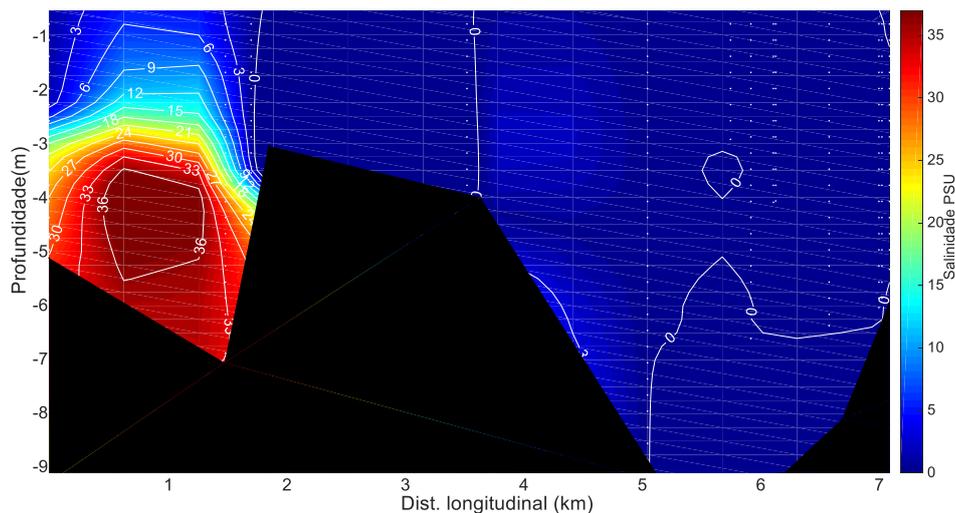


Figura 19: Distribuição longitudinal da salinidade na foz do rio São Francisco, variando da estação ESF 10 (ponto mais próximo à foz) à ESF 30 (ponto mais distante da foz), no período de baixamar do dia 27/08/ 2021. Os pontos brancos indicam a localização longitudinal de cada perfil.

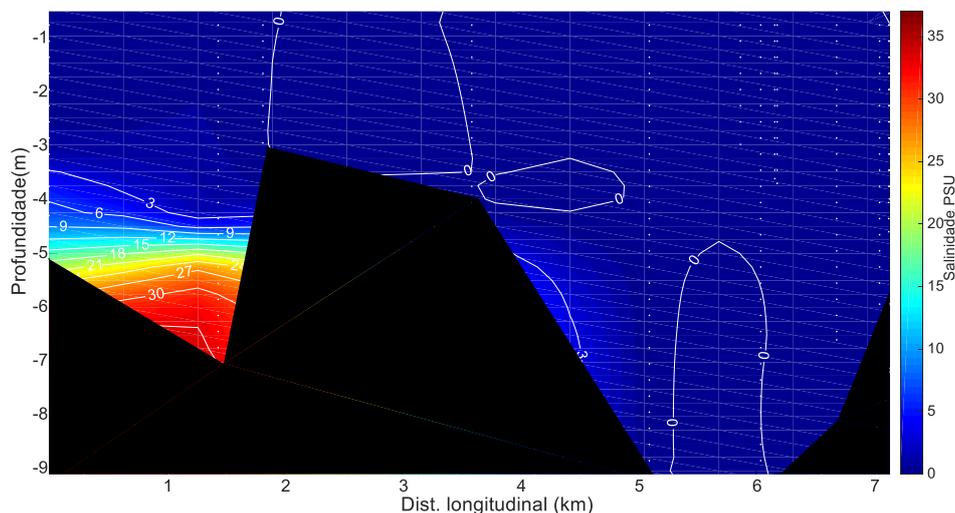


Figura 20: Distribuição longitudinal da salinidade na foz do rio São Francisco, variando da estação ESF 10 (ponto mais próximo à foz) à ESF 30 (ponto mais distante da foz), no período de preamar do dia 27/08/ 2021. Os pontos brancos indicam a localização longitudinal de cada perfil.

Temperatura

Para a análise da temperatura da água, também foi utilizada a variação longitudinal deste parâmetro no trecho monitorado. Quanto às temperaturas da água na foz do rio São Francisco, nas marés de sizígia (lua nova e lua cheia) no mês de agosto de 2021, a temperatura registrada nas coletas estiveram predominantemente entre 26 e 27°C. Nos períodos de preamar, as temperaturas em geral foram mais altas, visto que 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 tem-se 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°C, e foram registradas na região próximo ao ponto ESF 28 (Figura 25). De maneira geral, a temperatura esteve entre 26 e 27 °C, como mostram as Figuras 21 a 28.

Baixamar e preamar do dia 10 e 11 de agosto de 2021

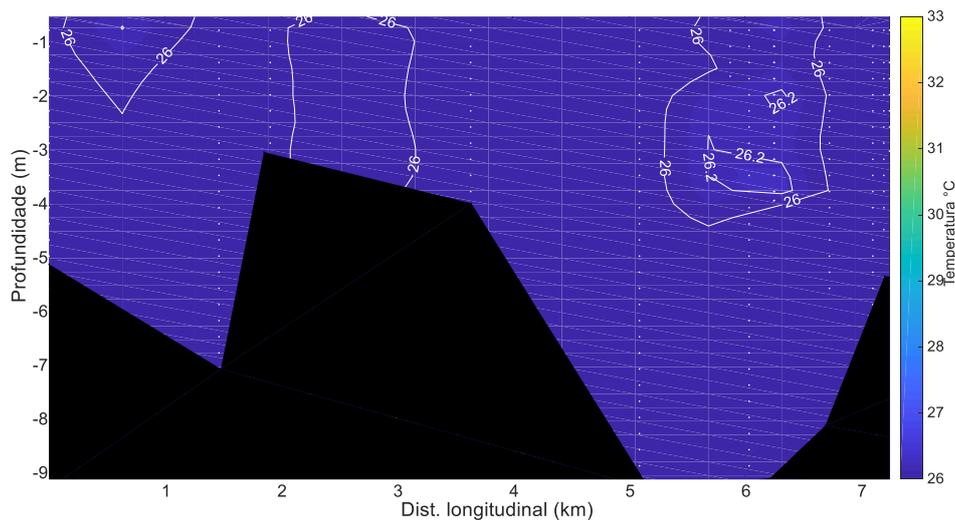


Figura 21: Distribuição longitudinal da temperatura da água na foz do rio São Francisco, variando da estação ESF 10 (ponto mais próximo à foz) à estação ESF 30 (ponto mais distante da foz,) no período de baixamar do dia 10/08/2021. Os pontos brancos indicam a localização longitudinal de cada perfil.

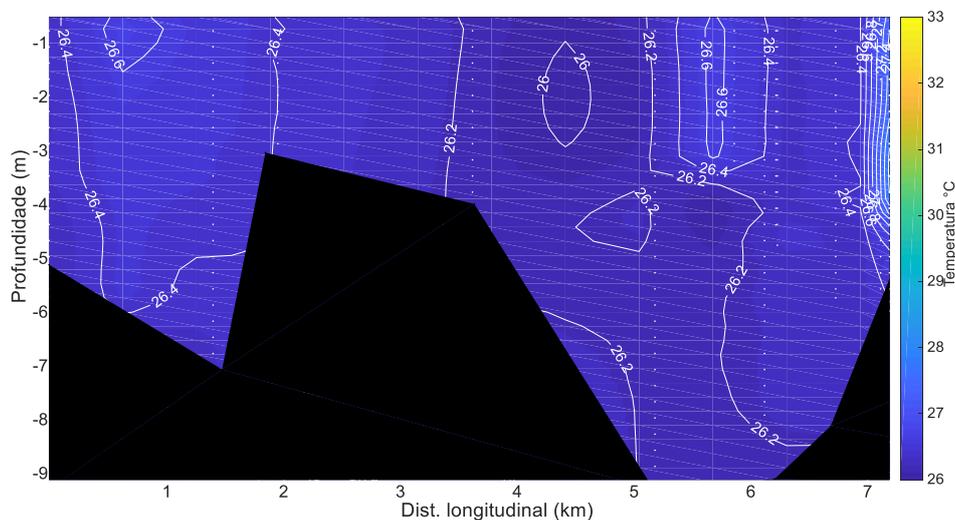


Figura 22: Distribuição longitudinal da temperatura da água na foz do rio São Francisco, variando da estação ESF 10 (ponto mais próximo à foz) à estação ESF 30 (ponto mais distante da foz,) no período de preamar do dia 10/08/2021. Os pontos brancos indicam a localização longitudinal de cada perfil.

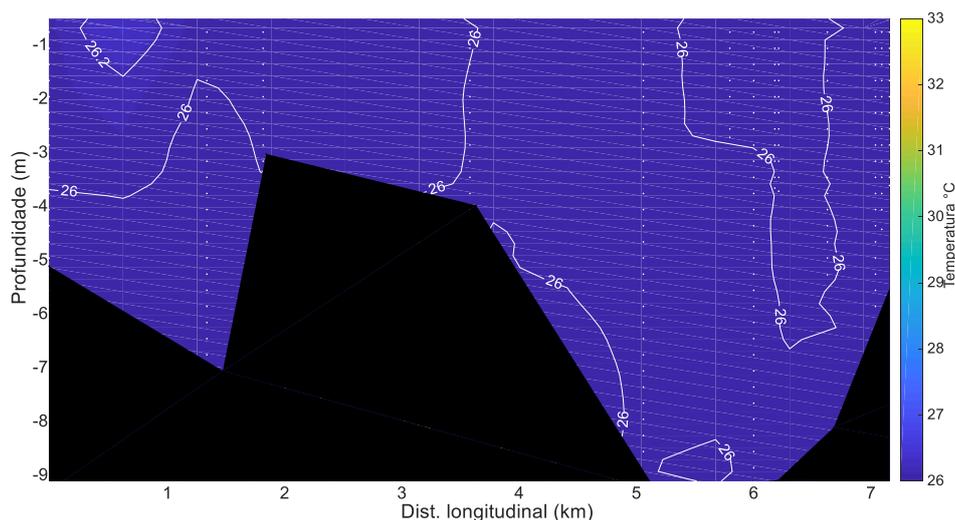


Figura 23: Distribuição longitudinal da temperatura da água na foz do rio São Francisco, variando da estação ESF 10 (ponto mais próximo à foz) à estação ESF 30 (ponto mais distante da foz,) no período de baixamar do dia 11/08/2021. Os pontos brancos indicam a localização longitudinal de cada perfil.

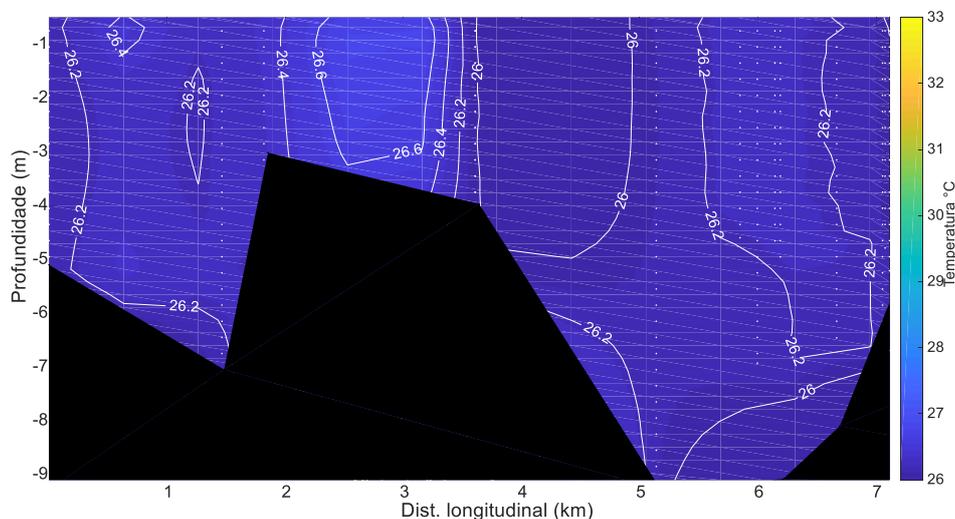


Figura 24: Distribuição longitudinal da temperatura da água na foz do rio São Francisco, variando da estação ESF 10 (ponto mais próximo à foz) à estação ESF 30 (ponto mais distante da foz,) no período de preamar do dia 11/08/2021. Os pontos brancos indicam a localização longitudinal de cada perfil.

Baixamar e preamar do dia 26 e 27 agosto de 2021.

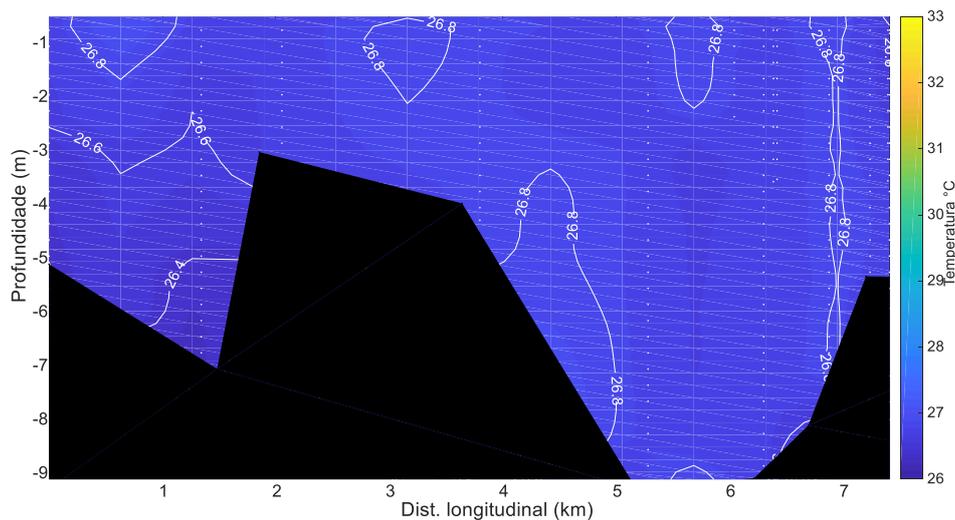


Figura 25: Distribuição longitudinal da temperatura da água na foz do rio São Francisco, variando da estação ESF 10 (ponto mais próximo à foz) à estação ESF 30 (ponto mais distante da foz,) no período de baixamar do dia 26/08/ 2021. Os pontos brancos indicam a localização longitudinal de cada perfil.

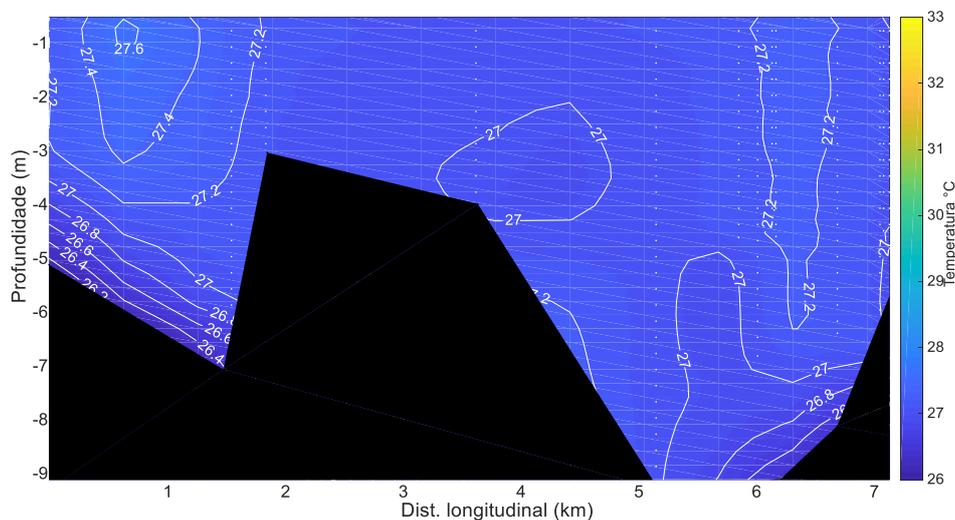


Figura 26: Distribuição longitudinal da temperatura da água na foz do rio São Francisco, variando da estação ESF 10 (ponto mais próximo à foz) à estação ESF 30 (ponto mais distante da foz,) no período de preamar do dia 26/08/2021. Os pontos brancos indicam a localização longitudinal de cada perfil.

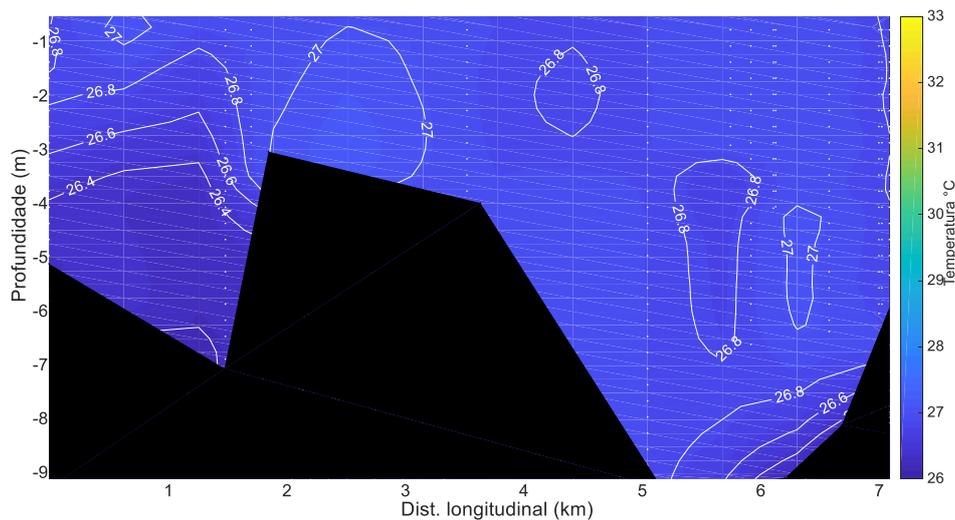


Figura 27: Distribuição longitudinal da temperatura da água na foz do rio São Francisco, variando da estação ESF 10 (ponto mais próximo à foz) à estação ESF 30 (ponto mais distante da foz,) no período de baixamar do dia 27/08/2021. Os pontos brancos indicam a localização longitudinal de cada perfil.

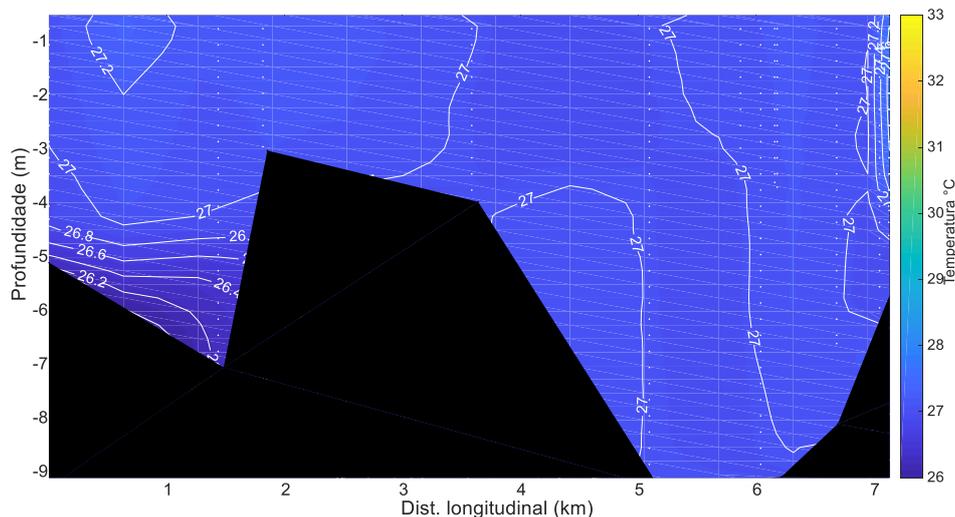


Figura 28: Distribuição longitudinal da temperatura da água na foz do rio São Francisco, variando da estação ESF 10 (ponto mais próximo à foz) à estação ESF 30 (ponto mais distante da foz,) no período de preamar do dia 27/08/2021. Os pontos brancos indicam a localização longitudinal de cada perfil.

MONITORAMENTO FIXO

As Tabelas 20 a 23 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 29 a 32.

A velocidade das correntes mais intensa foi registrada no monitoramento móvel no dia 10/08/2021, quando atingiu $0,87 \text{ m.s}^{-1}$ no ponto amostral ESF 14. 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 e esses eventos influenciam diretamente na vida dos ribeirinhos, tendo em vista que as 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. Influencia, ainda, 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.

Dados hidrodinâmicos, campanhas fixas realizadas nos dias 09,10, 25 e 26 de agosto de 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 09/08/2021.

Data	Hora	Vel. (m.s ⁻¹)	Direção (°)
09/08/2021	18:40	0,169	107
	19:35	0,568	104
	20:30	0,719	104
	21:25	0,724	102
	22:20	0,688	102
	23:15	0,705	107
	00:10	0,562	95
	00:57	0,319	100
	06:14	0,146	282
	01:40	0,290	270
	10:33	0,386	276
	12:28	0,371	282
	04:48	0,264	258

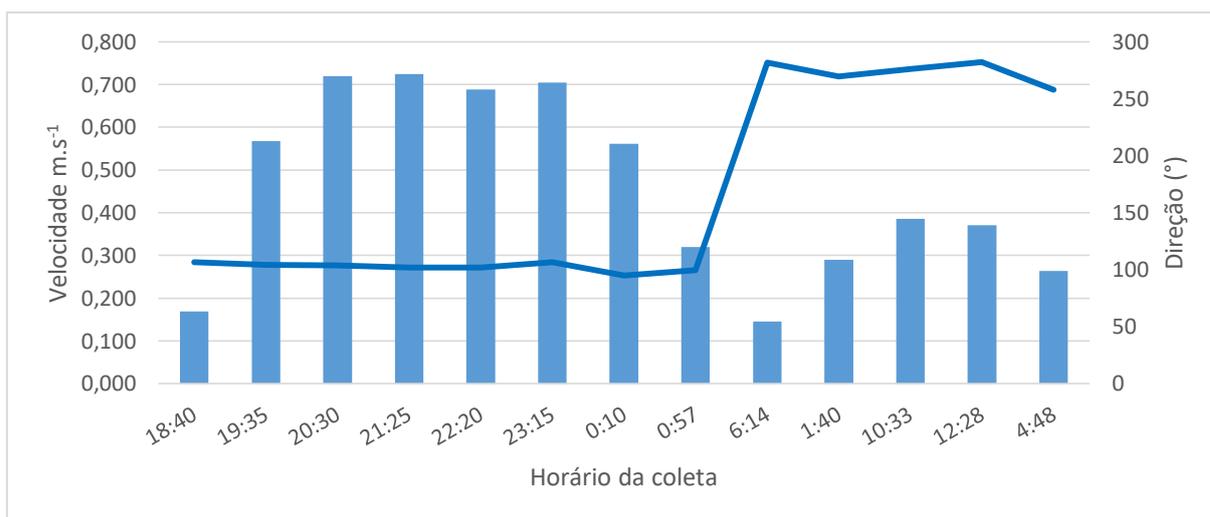


Figura 29: Dados hidrodinâmicos coletados durante a campanha fixa em Penedinho (ESF 30), no dia 09/08/2021. As barras azuis representam a velocidade da corrente e a linha azul a direção.

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 10/08/2021.

Data	Hora	Vel. (m.s ⁻¹)	Direção (°)
10/08/2021	17:40	0,315	257
	18:40	0,072	255
	19:40	0,408	66
	20:40	0,549	85
	21:40	0,666	85
	22:40	0,629	84
	23:40	0,560	86
	00:40	0,621	79
	01:40	0,286	77
	02:40	0,046	156
	03:40	0,360	257
	04:40	0,380	257
	05:40	0,360	260

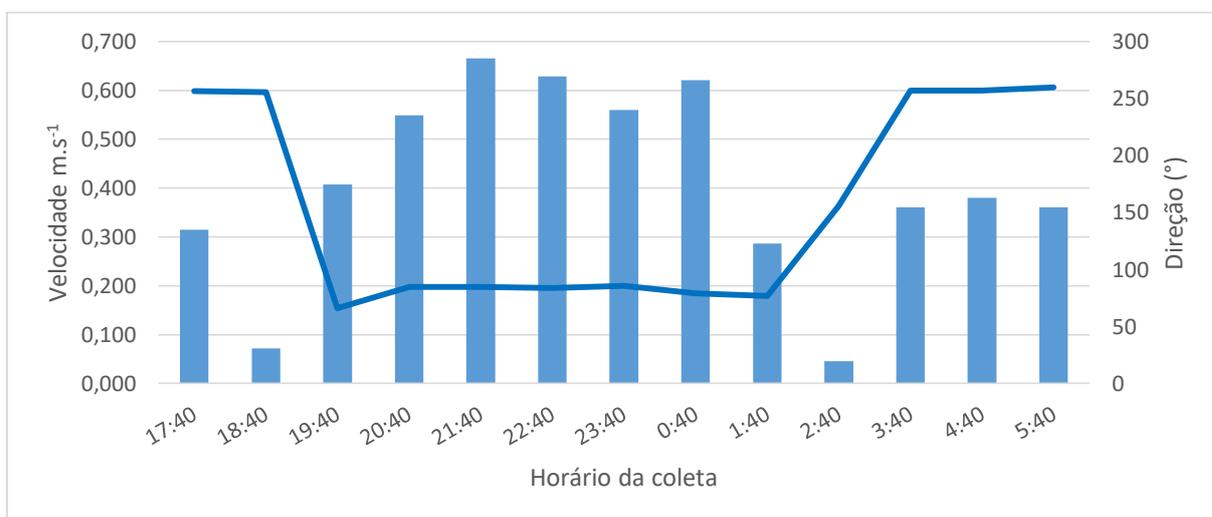


Figura 30: Dados hidrodinâmicos coletados durante a campanha fixa na bomba de captação de água da cidade de Brejo Grande, AL (ESF 32), no dia 10/08/2021. As barras azuis representam a velocidade da corrente e a linha azul a direção.

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 25/08/2021.

Data	Hora	Vel. (m.s ⁻¹)	Direção (°)
25.8.21	19:40	0,042	188
	20:00	0,446	100
	21:00	0,601	94
	22:00	0,703	101
	23:00	0,721	106
	00:00	0,718	109
	01:00	0,579	102
	02:24	0,273	106
	00:00	0,104	296
	02:24	0,380	281
	09:36	0,363	284
	21:36	0,324	281
	22:00	0,142	282

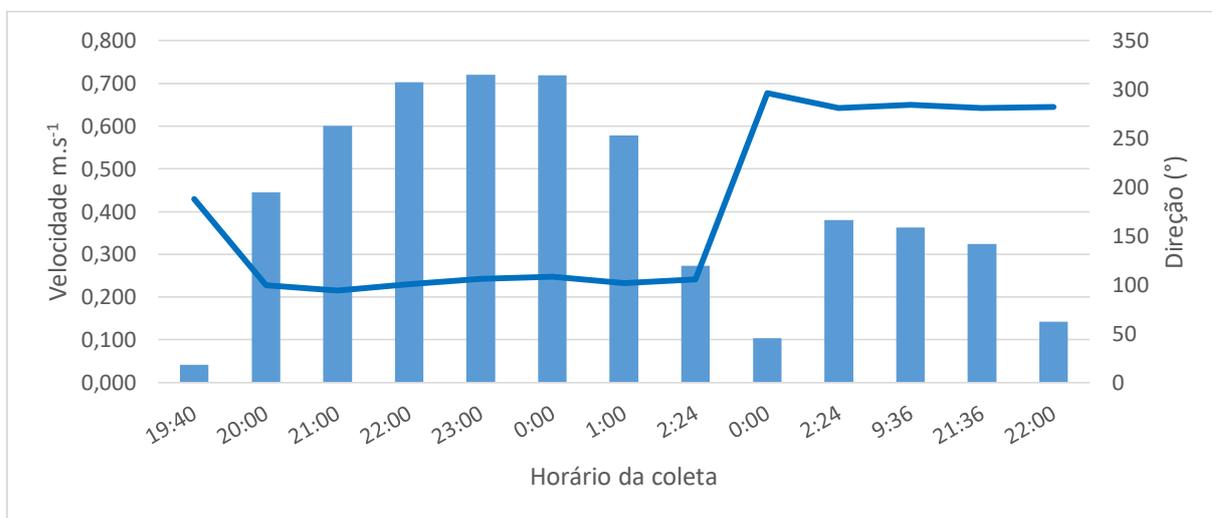


Figura 31: Dados hidrodinâmicos coletados durante a campanha fixa na bomba de captação de água da cidade de Penedinho-SE (ESF 30), no dia 25/08/2021. As barras azuis representam a velocidade da corrente e a linha azul a direção.

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 26/08/2021

Data	Hora	Vel. (m.s ⁻¹)	Direção (°)
26.8.21	18:02	0,201	253
	19:00	0,135	263
	20:02	0,206	83
	21:07	0,451	80
	22:06	0,511	85
	23:09	0,534	84
	00:00	0,549	80
	01:10	0,491	77
	02:07	0,373	80
	03:04	0,198	86
	04:00	0,102	264
	05:06	0,329	253
	06:00	0.402	248

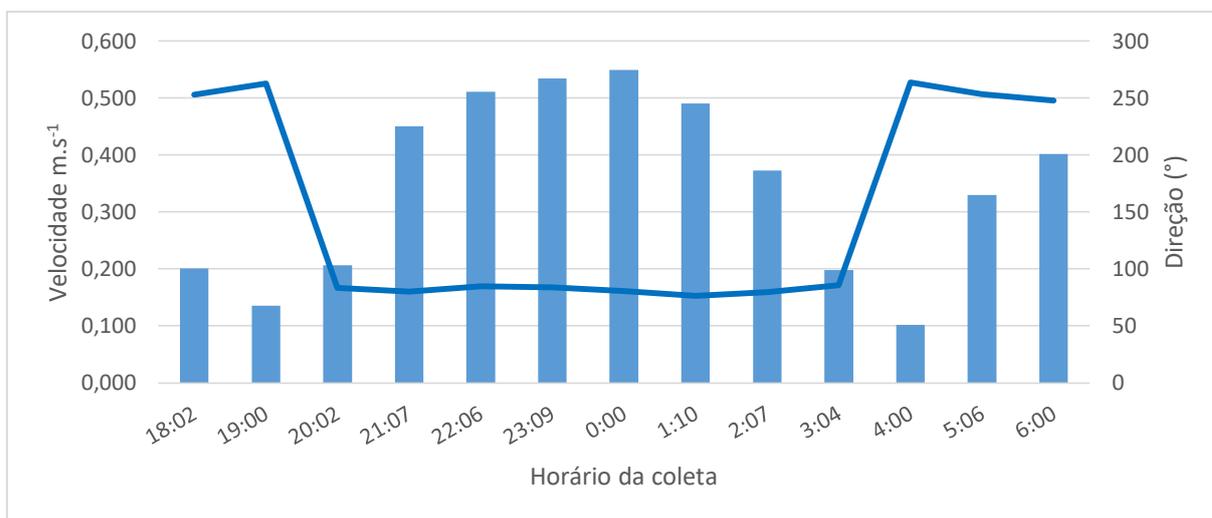


Figura 32: Dados hidrodinâmicos coletados durante a campanha fixa na bomba de captação de água da cidade de Brejo Grande, SE (ESF 32), no dia 26/08/2021. As barras azuis representam a velocidade da corrente e a linha laranja a direção.

As Figuras 33 a 37 representam a distribuição temporal de salinidade da água das campanhas fixas de 12 horas, realizadas nos dias 10, 11, 25 e 26 de agosto 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. Os valores mais elevados estiveram próximo de 0,1 PSU, de modo que os parâmetros de salinidade para todas as medições estiveram dentro dos limites seguros para o uso doméstico.

Para a temperatura da água, 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 de 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

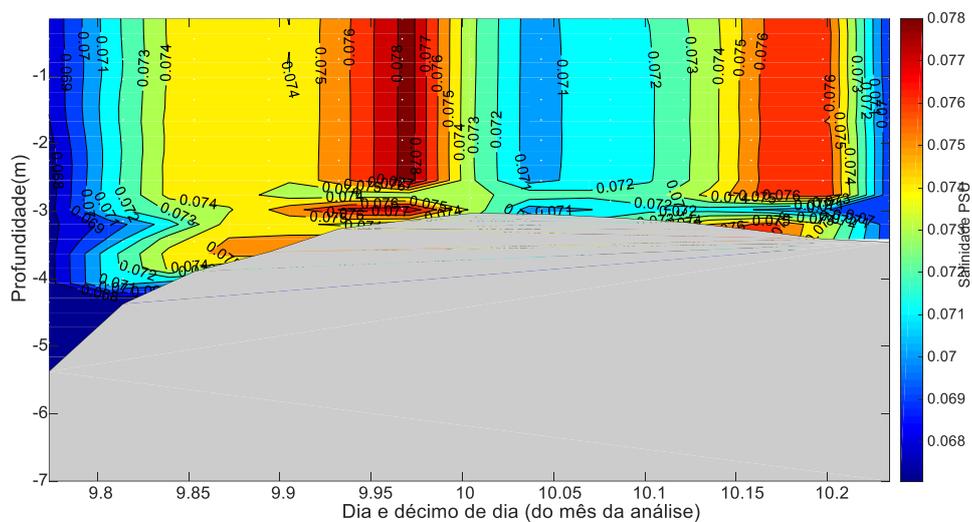


Figura 33: Distribuição temporal da salinidade da água durante o monitoramento fixo da cunha salina, realizado no dia 10/08/2021, nas proximidades da bomba de captação de água da cidade de Penedinho, AL. Os pontos brancos representam o momento do dia da campanha quando os perfis foram realizados e o formato do fundo corresponde à variação do nível da coluna d'água ou o ponto máximo de alcance do CTD.

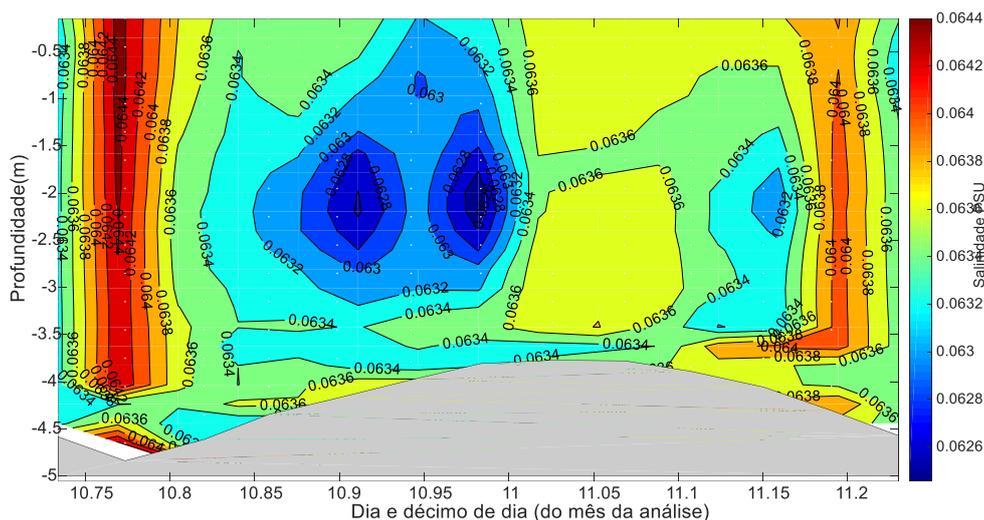


Figura 34: Distribuição temporal da salinidade da água durante o monitoramento fixo da cunha salina, realizado no dia 11/08/2021, nas proximidades da bomba de captação de água da cidade de Brejo Grande, SE (ESF 32). Os pontos brancos representam o momento do dia da campanha quando os perfis foram realizados e o formato do fundo corresponde à variação do nível da coluna d'água ou o ponto máximo de alcance do CTD.

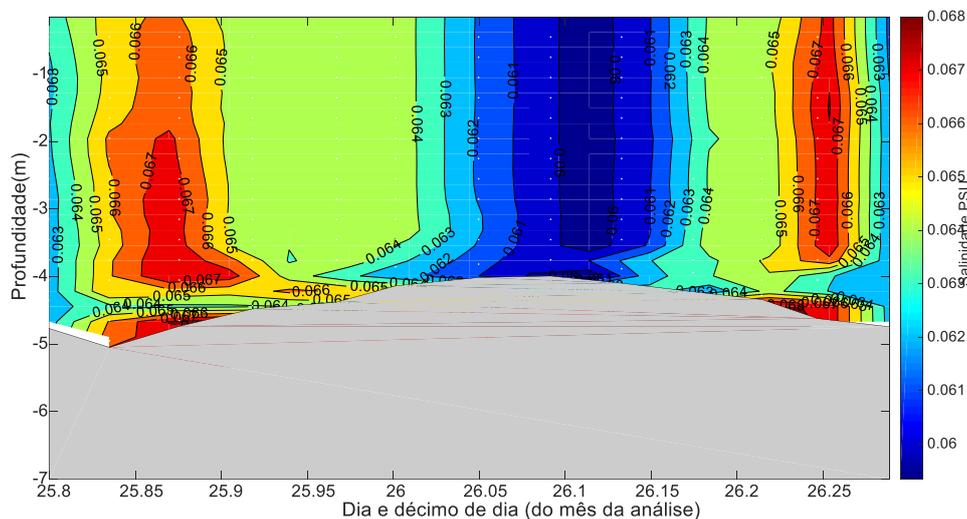


Figura 35: Distribuição temporal da salinidade da água durante o monitoramento fixo da cunha salina, realizado no dia 25/08/2021, nas proximidades da bomba de captação de água da cidade de Penedinho-AL, ESF 30. Os pontos brancos representam o momento do dia da campanha quando os perfis foram realizados e o formato do fundo corresponde à variação do nível da coluna d'água ou o ponto máximo de alcance do CTD.

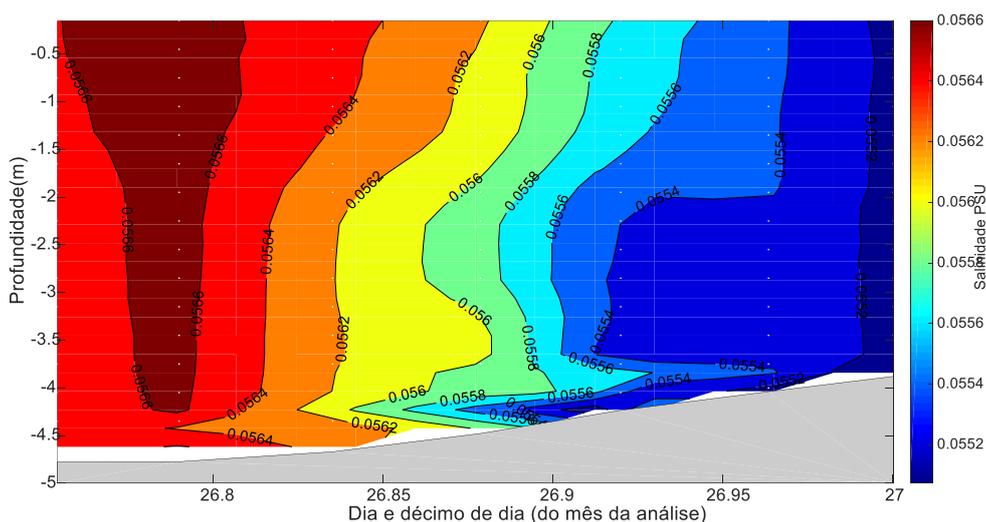


Figura 36: Distribuição temporal da salinidade da água durante o monitoramento fixo da cunha salina, realizado no dia 26/08/2021, nas proximidades da bomba de captação de água de Brejo Grande (ESF 32). Os pontos brancos representam o momento do dia da campanha quando os perfis foram realizados e o formato do fundo corresponde à variação do nível da coluna d'água ou o ponto máximo de alcance do CTD.

Temperatura

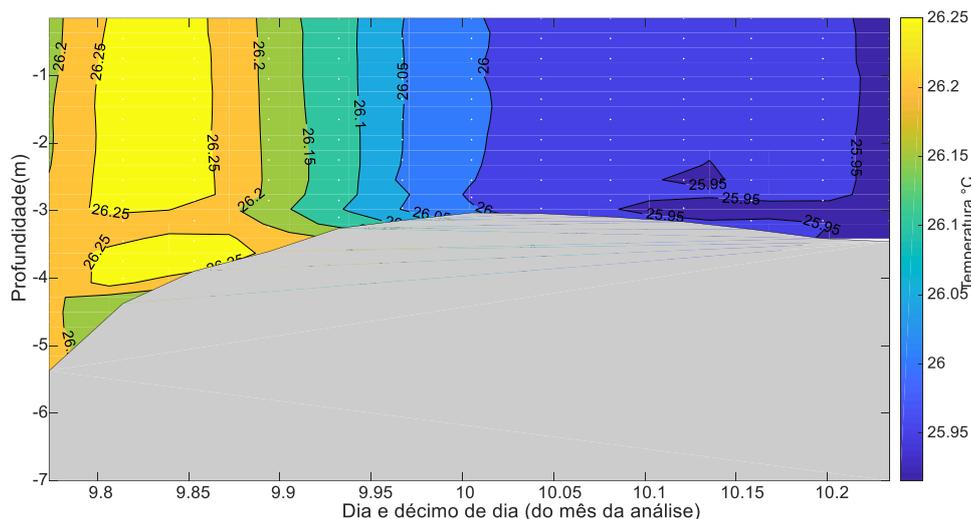


Figura 37: Distribuição temporal da temperatura da água durante o monitoramento fixo realizado no dia 10/08/2021, nas proximidades da bomba de captação de água da cidade de Penedinho, AL (ESF 30). Os pontos brancos representam o momento do dia da campanha quando os perfis foram realizados e o formato do fundo corresponde à variação do nível da coluna d'água ou o ponto máximo de alcance do CTD.

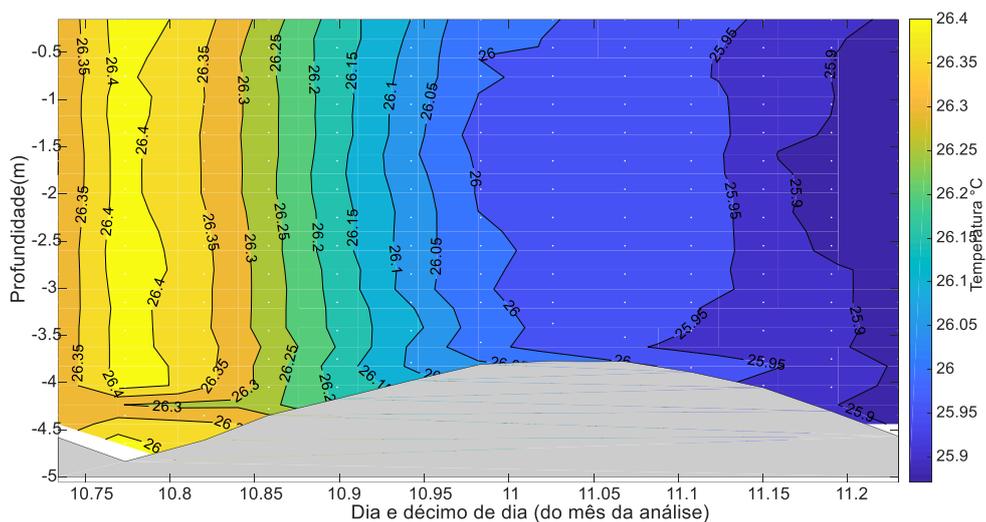


Figura 38: Distribuição temporal da temperatura para o monitoramento fixo de 12 horas da cunha salina, realizado no dia 11/08/2021 nas proximidades da bomba de captação de água da cidade Brejo Grande-SE (ESF 32). Os pontos brancos representam o momento do dia da campanha quando os perfis foram realizados e o formato do fundo corresponde à variação do nível da coluna d'água ou o ponto máximo de alcance do CTD.

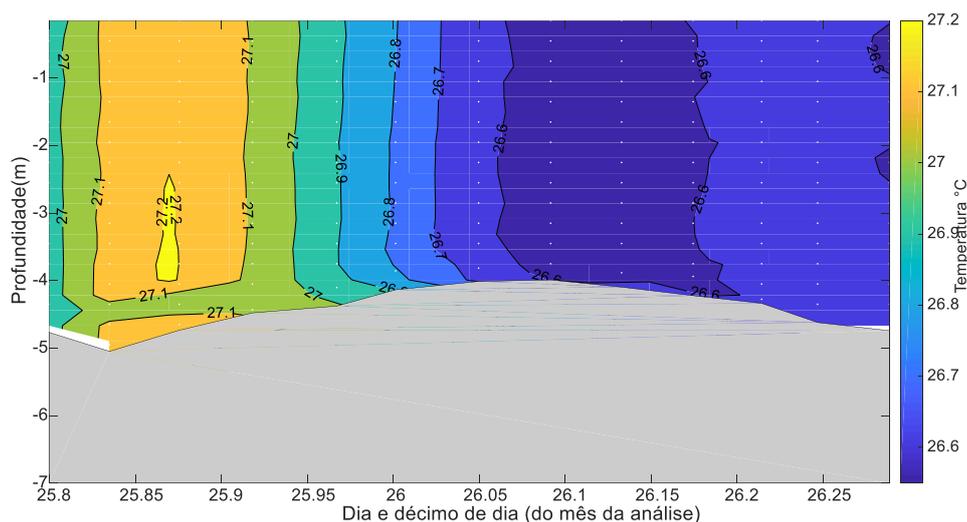


Figura 39: Distribuição temporal da temperatura para o monitoramento fixo de 12 horas da cunha salina, realizado no dia 25/08/2021 nas proximidades da bomba de captação de água da cidade de Penedinho (ESF 30). Os pontos brancos representam o momento do dia da campanha quando os perfis foram realizados e o formato do fundo corresponde à variação do nível da coluna d'água ou o ponto máximo de alcance do CTD.

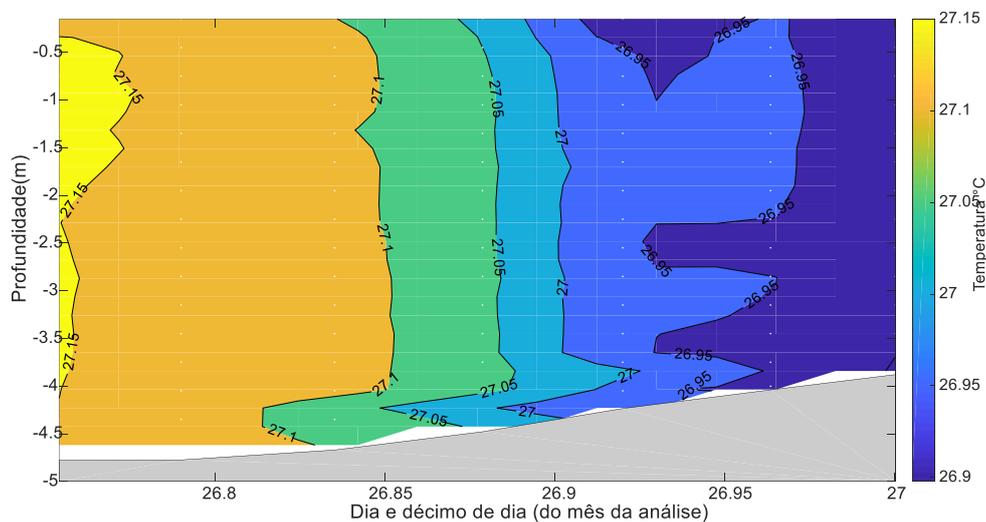


Figura 40: Distribuição temporal da temperatura para o monitoramento fixo de 12 horas da cunha salina, realizado no dia 26/08/2021 nas proximidades da bomba de Brejo Grande ESF 32. Os pontos brancos representam o momento do dia da campanha quando os perfis foram realizados e o formato do fundo corresponde 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 0,1 m nos dias 10 e 11 de agosto de 2021 e a máxima de 2,2 m no dia 10 de agosto de 2021. Os ventos sopraram de forma predominantes da direção sudeste 118° , com velocidade média de $2,9 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, e a temperatura atmosférica média foi de $26,41^\circ\text{C}$ para o período de lua cheia e $26,03^\circ\text{C}$ para o período de lua nova.

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 $0,45 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. 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 estado aparentemente relacionada com as condições do tempo. No caso das campanhas fixas, a distribuição de temperatura esteve relacionada com o ciclo diurno. De forma geral, apresentou uma distribuição homogênea entre 26 e 27°C .

E, por fim e mais importante, foi o comportamento da salinidade no Baixo São Francisco onde foi registrado nas campanhas móveis, que a penetração da cunha salina durante a preamar esteve entre os pontos ESF 18, distantes aproximadamente 9,5 km (Tabela 1) 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 de entre 27 a 36 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 agosto de 2021. De maneira geral, os perfis de salinidade para as campanhas nos pontos fixos estiveram inferiores a 0,1 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.