

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

CTNE-70.2018.6530.00



EXECUÇÃO:



RELATÓRIO MENSAL DE MONITORAMENTO DA CUNHA SALINA



JULHO, 2020

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

CTNE-70.2018.6530.00

**RELATÓRIO MENSAL DE MONITORAMENTO DA
CUNHA SALINA**

EXECUÇÃO:



RECIFE, 2020

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

Relatório mensal

Julho / 2020

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

Augusto Cesar Cristo de Carvalho

Engenheiro de Pesca

Sumário

1	Introdução.....	9
2	Área de trabalho	11
3	Metodologia.....	12
4	Resultados.....	15
	MONITORAMENTOS MÓVEIS (LONGITUDINAIS)	15
	Dados hidrodinâmicos.....	21
	Campanhas móveis realizadas nos dias 04 e 05 de julho de 2020.	22
	Campanhas móveis realizadas nos dias 21 e 22 de julho de 2020.	26
	Resultados do CTD	30
	MONITORAMENTO FIXO.....	40
	Dados hidrodinâmicos, campanhas fixas realizadas nos dias 06 e 07 de julho de 2020.....	41
	Campanhas fixas realizadas nos dias 22 e 23 de julho de 2020	43
	Resultados de salinidade e temperatura pontos fixos	46
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	50



Índice de Figuras

Figura 1: Série histórica de 2010 a 2019 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 nova) do dia 04/07/2020.	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 nova) do dia 04/07/2020.	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 a baixamar da maré de sizígia (lua nova) do dia 05/07/2020.	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 a preamar da maré de sizígia (lua cheia) do dia 05/07/2020.	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 21/07/2020.	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 21/07/2020.	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 22/07/2020.	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 a preamar da maré de sizígia (lua Nova) do dia 22/07/2020.	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 4 de julho de 2020. 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 4 de julho de 2020. 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 5 de julho de 2020. 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 5 de julho de 2020. 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 21 de julho de 2020. 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 21 de julho de 2020. 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 22 de julho de 2020. 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 22 de julho de 2020. 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 4 de julho de 2020. 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 4 de julho de 2020. 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 5 de julho de 2020. 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 5 de julho de 2020. 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 21 de julho de 2020. 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 21 de julho de 2020. 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 21 de julho de 2020. 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 21 de julho de 2020. 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 6 de julho de 2020. As barras azuis representam a velocidade da corrente e a linha laranja a direção.41

- 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 10 de julho de 2020. As barras azuis representam a velocidade da corrente e a linha laranja a direção.....42
- Figura 31:** Dados hidrodinâmicos coletados durante a campanha fixa da cidade de Brejo grande, SE, (ESF 32) no dia 22-23 de julho de 2020. As barras azuis representam a velocidade da corrente e a linha laranja a direção.43
- Figura 32:** Dados hidrodinâmicos coletados durante a campanha fixa na bomba de captação de água da cidade de Penedinho (ESF30) no dia 23 de julho de 2020. 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 6 de julho de 2020, nas proximidades da bomba de captação de água da cidade de Brejo Grande- SE. 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 7 de julho de 2020, nas proximidades da bomba de captação de água da cidade de Penedinho (ESF 30), 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.46
- Figura 35:** Distribuição temporal da salinidade da água durante o monitoramento fixo da cunha salina, realizado no dia 22-23 de julho de 2020, nas proximidades da bomba de captação de água da cidade 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.....47
- Figura 36:** Distribuição temporal da salinidade da água durante o monitoramento fixo da cunha salina, realizado no dia 23 de julho de 2020, nas proximidades da bomba de captação de água 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.47
- Figura 37:** Distribuição temporal da temperatura da água durante o monitoramento fixo realizado no dia 6 de julho de 2020, nas proximidades da bomba de captação de água da cidade 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 38:** Distribuição temporal da temperatura para o monitoramento fixo de 12 horas da cunha salina, realizado no dia 7 de julho de 2020 nas proximidades da bomba de captação de água da cidade 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 39:** Distribuição temporal da temperatura para o monitoramento fixo de 12 horas da cunha salina, realizado no dia 22-23 de julho de 2020 nas proximidades da bomba de captação de água da cidade de Piaçabuçu (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.....49
- Figura 40:** Distribuição temporal da temperatura para o monitoramento fixo de 12 horas da cunha salina, realizado no dia 23 de julho de 2020 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



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 (04 e 05/07/2020) e lua cheia (21 e 22/07/2020) 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 04/07/2020, 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 04/07/2020, 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 05/07/2020 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 05/07/2020, 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 21/07/2020, 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 21/07/2020, 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 22/07/2020, 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 22/07/2020, 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 julho de 2020.	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 nova) do dia 04/07/2020, 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 nova) do dia 04/07/2020, 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 nova) do dia 05/07/2020, 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 05/07/2020, 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 21/07/2020, 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 21/07/2020, 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 22/07/2020, 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 22/07/2020, 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 6 de julho de 2020.	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 7 de julho de 2020	42
Tabela 22: Dados de velocidade e direção da coluna d'água durante o monitoramento fixo na bomba de captação de água da cidade da cidade de Brejo grande, SE, (ESF 32) no dia 22-23 de julho 2020.....	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 Penedinho (ESF30) no dia 23 de julho de 2020	44

1 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_2019). 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-013/2019, emitida pela CHESF no mês de setembro, desta forma a defluências adotadas desde o dia 23 de outubro está entre 850 a 1600m³.

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.

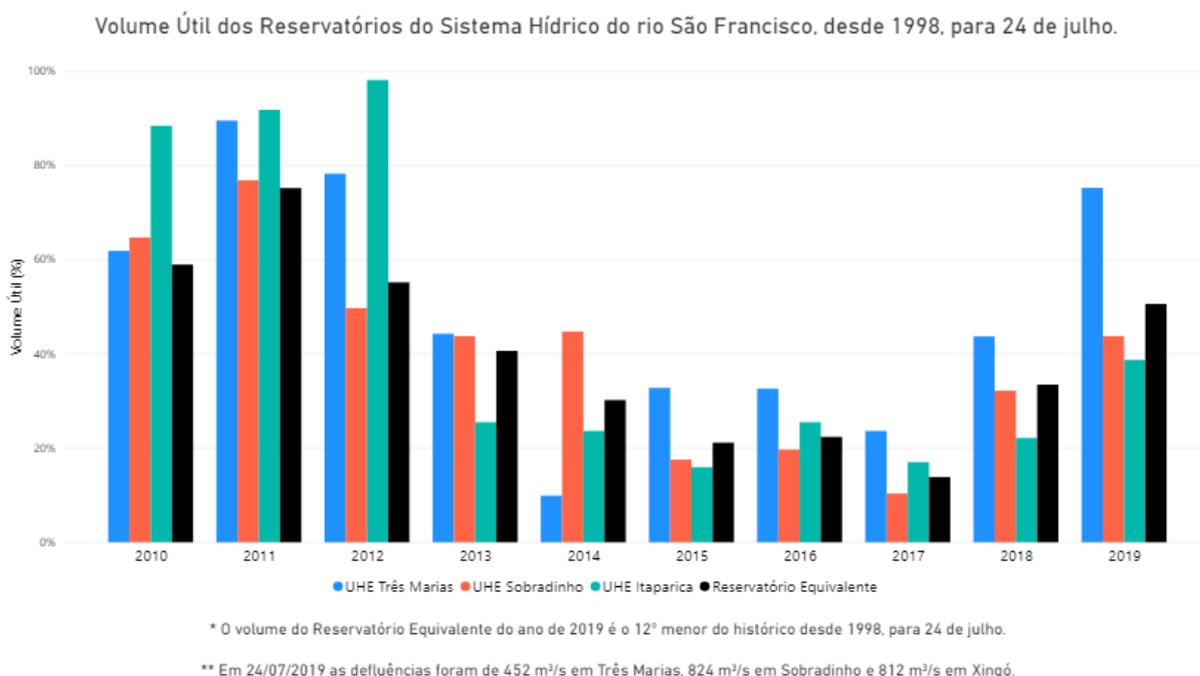


Figura 1: Série histórica de 2010 a 2019 do acúmulo de água nos reservatórios ao longo do rio São Francisco. Fonte: <www.ana.gov.br>.

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.

2 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).

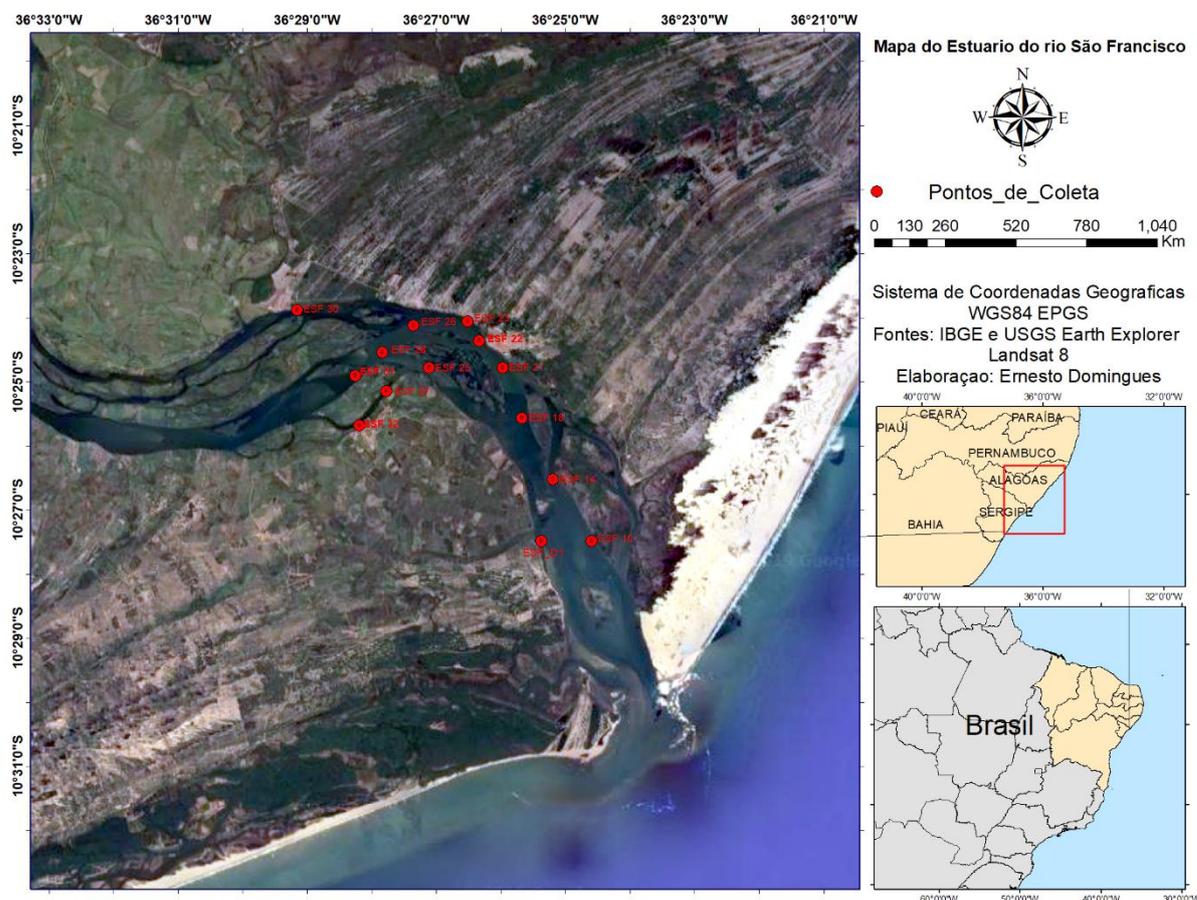


Figura 2: Localização das estações de monitoramento da introdução da cunha salina no trecho inferior do rio São Francisco. A posição das estações está marcada em vermelho.

3 Metodologia

O monitoramento da cunha salina referente ao mês de julho de 2020 foi realizado nos picos mensais de marés de sizígia (lua cheia e lua nova). Foram executadas 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.

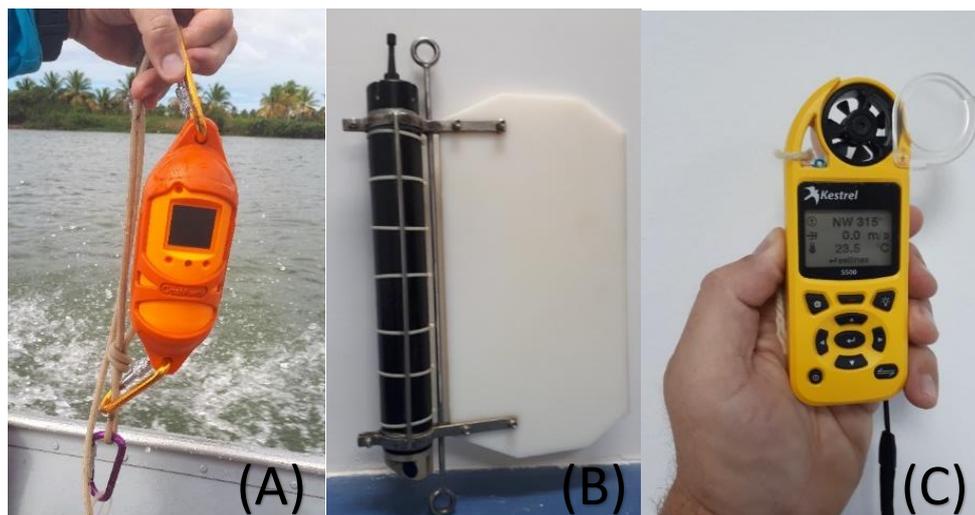


Figura 4: Instrumentos empregados na mensuração das variáveis meteorológicas e hidrológicas: CTD YSI CAstAway (A), correntômetro Aquadopp Current Meter (B) e mini-estação Kestrel (C).

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

4 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 e 4 (lua cheia) e das Tabelas 5 a 8 (lua nova).

Tabela 2: Dados de altura da maré durante as fases de lua nova (04 e 05/07/2020) e lua cheia (21 e 22/07/2020) dados relativos ao Terminal Marítimo Inácio Barbosa - SE (DHN).

Campanhas móveis			
Lua	Datas	Hora	Alt. da Maré (m)
Cheia	04/07/2020	02:47	2.1
		09:02	0.2
		15:17	2.1
		21:23	0.3
	05/07/2020	03:30	2.1
		09:49	0.1
		16:02	2.1
		22:06	0.3
Nova	21/07/2020	03:58	2.2
		10:17	0.2
		16:30	2.1
		22:34	0.3
	22/07/2020	04:43	2.2
		11:02	0.1
		17:13	2.1
		23:17	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 baixamar da maré de sizígia (lua cheia) do dia 04/07/2020, na foz do Rio São Francisco.

Data	Hora	Estação	Direção (°)	Vel. (m.s ⁻¹)	Temp. ar (°C)
04/07/2020	08:50	ESF_D1	110	2.5	26.8
	09:00	ESF 10	115	2	26.7
	09:17	ESF 14	140	2.6	26.9
	09:37	ESF 18	145	4	27
	09:41	ESF 21	150	3.5	26.8
	09:55	ESF 22	138	4	27
	10:03	ESF 23	149	3.8	27.2
	10:17	ESF 26	130	3.6	27.8
	10:20	ESF 30	140	3.4	27.6
	10:25	ESF 28	151	5	27.9
	10:36	ESF 31	151	4	28
	10:50	ESF 32	110	1.5	28
	11:01	ESF 27	120	1	27.9
	11:10	ESF 25	152	4.6	27.9
Média			140	3.55	27.4

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 04/07/2020, na foz do Rio São Francisco.

Data	Hora	Estação	Direção (°)	Vel. (m.s ⁻¹)	Temp. ar (°C)
04/07/2020	14:38	ESF_D1	119	3.8	27.1
	15:06	ESF 10	120	3.6	27.2
	15:23	ESF 14	130	4	27.6
	15:33	ESF 18	118	3.3	27.4
	15:41	ESF 21	140	2.5	26.9
	15:50	ESF 22	129	3	27
	15:56	ESF 23	142	3	27.5
	16:11	ESF 26	146	2.2	27.5
	16:15	ESF 30	138	2.5	27.6
	16:19	ESF 28	120	2.4	27.3
	16:43	ESF 31	100	2	26.8
	16:52	ESF 32	140	2.1	28.1
	16:57	ESF 27	120	0.6	28.8
	17:03	ESF 25	125	3	27.9
Média			127	2.75	27.45

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 05/07/2020 na foz do Rio São Francisco.

Data	Hora	Estação	Direção (°)	Vel. (m.s ⁻¹)	Temp. ar (°C)
05/07/2020	09:02	ESF_D1	122	3.6	23.5
	09:18	ESF 10	125	3.1	23.4
	09:34	ESF 14	164	3.8	23.8
	09:46	ESF 18	151	4.3	23.6
	09:56	ESF 21	164	3.1	23.6
	10:08	ESF 22	127	3.2	24
	10:17	ESF 23	135	3.8	24
	10:28	ESF 26	130	3.5	24
	10:32	ESF 30	133	3.2	24
	10:38	ESF 28	145	4.1	24.6
	10:45	ESF 31	150	3.2	24.3
	10:52	ESF 32	123	2.4	24.2
	11:01	ESF 27	133	1.4	24.6
	11:07	ESF 25	140	3.6	24.2
Média			134	3.35	24

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 05/07/2020, na foz do Rio São Francisco.

Data	Hora	Estação	Direção (°)	Vel. (m.s ⁻¹)	Temp. ar (°C)
05/07/2020	15:27	ESF_D1	161	4.4	27.8
	15:40	ESF 10	150	5.7	28
	15:44	ESF 14	160	5.1	27.7
	16:03	ESF 18	154	5.3	28
	16:10	ESF 21	149	4.4	28.1
	16:15	ESF 22	159	4.8	27.9
	16:20	ESF 23	148	4.8	28
	16:21	ESF 26	160	4.4	27.5
	16:10	ESF 30	144	2.8	28.5
	16:40	ESF 28	121	1.2	27.4
	16:50	ESF 31	150	2.1	25.2
	17:01	ESF 32	152	1.2	26.3
	17:11	ESF 27	159	2.6	26.2
	17:29	ESF 25	151	2.2	26.7
Média			152	4.4	27.75

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 21/07/2020, na foz do Rio São Francisco.

Data	Hora	Estação	Direção (°)	Vel. (m.s ⁻¹)	Temp. ar (°C)
21/07/2020	08:17	ESF_D1	118	3.6	25.6
	08:28	ESF 10	117	3.5	26.1
	08:41	ESF 14	51	3.8	27.3
	08:53	ESF 18	69	5.2	27.1
	09:03	ESF 21	154	5.7	26.9
	09:13	ESF 22	45	5.2	27.1
	09:23	ESF 23	55	3.2	27.4
	09:34	ESF 26	120	2.7	26.9
	09:38	ESF 30	174	1.8	27.6
	09:43	ESF 28	66	3.5	27.0
	09:51	ESF 31	74	5	26.9
	10:04	ESF 32	174	1.8	27.6
	10:11	ESF 27	36	2.3	28.4
	10:19	ESF 25	88	5.4	27.3
Média			81	3.55	27.2

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 21/07/2020, na foz do Rio São Francisco.

Data	Hora	Estação	Direção (°)	Vel. (m.s ⁻¹)	Temp. ar (°C)
21/07/2020	14:39	ESF_D1	59	4.3	26.2
	14:49	ESF 10	106	2.6	27.2
	15:00	ESF 14	95	3.8	26.7
	15:10	ESF 18	46	2.5	27.3
	15:18	ESF 21	51	4.2	26.8
	15:27	ESF 22	74	5	27
	15:35	ESF 23	111	1.9	28
	15:44	ESF 26	55	3.7	27.1
	00:00	ESF 30	108	1.2	27.3
	15:54	ESF 28	73	4	27
	16:01	ESF 31	56	4.3	26.8
	16:13	ESF 32	108	1.2	27.3
	16:22	ESF 27	35	0.9	26.5
	16:30	ESF 25	90	2.9	26.2
Média			74	3.3	27

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 22/07/2020, na foz do Rio São Francisco.

Data	Hora	Estação	Direção (°)	Vel. (m.s ⁻¹)	Temp. ar (°C)
22/07/2020	08:15	ESF_D1	138	7.2	26.5
	08:29	ESF 10	82	4	27.3
	08:41	ESF 14	108	7.8	26.8
	08:53	ESF 18	57	5.7	26.8
	09:04	ESF 21	90	7.6	26.4
	09:14	ESF 22	89	7.3	26.9
	09:24	ESF 23	166	5.5	26.7
	09:39	ESF 26	117	5.4	26.4
	09:43	ESF 30	136	1.2	29.3
	09:47	ESF 28	153	6.5	26.3
	10:02	ESF 31	160	4.6	26.9
	10:11	ESF 32	179	2.2	27.6
	10:14	ESF 27	136	1.2	29.3
	10:30	ESF 25	127	4.4	27.1
	Média			132	5.45

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 22/07/2020, na foz do Rio São Francisco.

Data	Hora	Estação	Direção (°)	Vel. (m.s ⁻¹)	Temp. ar (°C)
22/07/2020	14:11	ESF_D1	107	5.2	26.6
	14:22	ESF 10	151	4.2	26.8
	14:30	ESF 14	125	4.9	26.6
	14:41	ESF 18	67	3.6	27
	14:50	ESF 21	179	5.2	26.8
	15:00	ESF 22	146	4.7	26.8
	15:06	ESF 23	134	4.7	26.6
	15:14	ESF 26	151	4.1	26.7
	00:00	ESF 30	140	1.4	27.4
	15:22	ESF 28	135	5.8	26.5
	15:29	ESF 31	112	6.9	26.4
	15:40	ESF 32	141	1.3	27
	15:54	ESF 27	140	1.4	27.4
	16:03	ESF 25	112	4.7	26.5
	Média			138	4.7

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 entre de 850 e 1600 m³.s⁻¹. A altura da baixamar e preamar foi de, respectivamente, 0,2; 0,1; 2,1 e 2,1 m na lua cheia, e aqueles de lua nova, de 0,2; 0,1; 2,2 e 2,1 m (Tabela 2).

O período analisado no presente relatório, os ventos sopraram predominantemente da direção de 121°, com velocidade média de 3,62 m.s⁻¹. Os ventos mais intensos foram registrados no período de lua nova, apresentando máxima de 7,8 m.s⁻¹, enquanto a média da temperatura atmosférica média foi de 26,4°C (Tabela 11).

Na fase de lua nova, a direção predominante do vento foi sudeste (106,9°), com velocidade média de 4,00 m.s⁻¹ e temperatura média do ar de 27°C (Tabela 11). Na fase de lua cheia, o vento apresentou direção predominante sul (135,7°), com velocidade média de 3,25 m.s⁻¹ e temperatura média do ar de 25,76°C (Tabela 11).

Tabela 11: Médias gerais dos dados de vento para as medições referentes às luas nova e cheia do mês de julho de 2020.

Médias gerais dos dados de vento									
	Direção (°)			Velocidade (m.s-1)			Temperatura do ar (°C)		
	Mín	Méd	Máx	Mín	Méd	Máx	Mín	Méd	Máx
Lua Cheia	100.00	135.70	164.00	0.60	3.25	5.80	23.00	25.76	28.80
Lua Nova	35.00	106.89	179.00	0.90	4.00	7.80	25.60	27.00	29.30
Média	67.50	121.29	171.50	0.75	3.62	6.80	24.30	26.38	29.05

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 $0,44 \text{ m.s}^{-1}$, a estação amostral que apresentou a maior intensidade de corrente foi a estação ESF 23, no dia 22 de julho 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 0.32 m.s^{-1} , já na baixamar a média foi de 0.67 m.s^{-1} .

Campanhas móveis realizadas nos dias 04 e 05 de julho de 2020.

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 nova) do dia 04/07/2020, na foz do Rio São Francisco.

Data	Hora	Estação	Vel.(m.s ⁻¹)	Direção (°)
04/07/2020	08:50	ESF_D1	0.688	184
	09:00	ESF 10	0.490	188
	09:17	ESF 14	0.472	178
	09:37	ESF 18	0.601	193
	09:41	ESF 21	0.695	165
	09:55	ESF 22	0.568	166
	10:03	ESF 23	0.628	146
	10:17	ESF 26	0.717	87
	00:00	ESF 30	0.867	98
	10:25	ESF 28	0.705	63
	10:36	ESF 31	0.752	78
	10:50	ESF 32	0.599	73
	11:01	ESF 27	0.556	65
	11:10	ESF 25	0.432	127

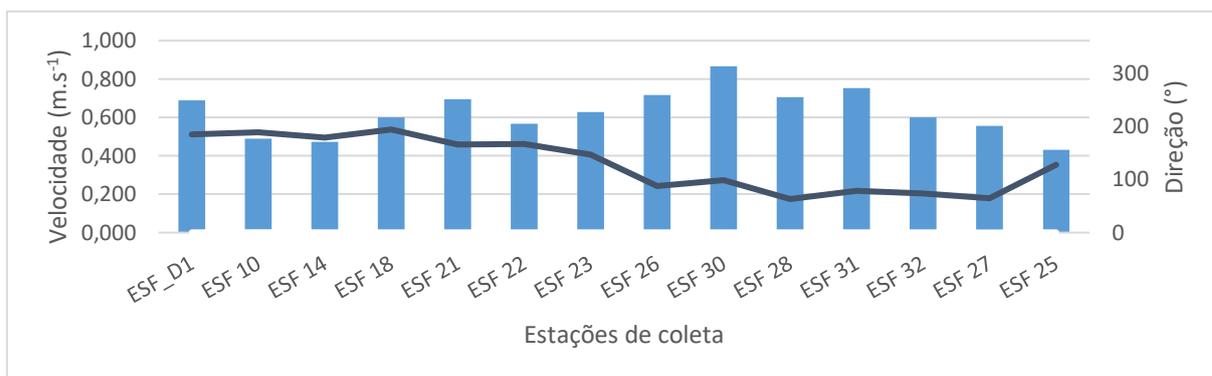


Figura 5: Variação média da velocidade (barras azuis) e da direção (linha azul escuro) das correntes na coluna entre pelas estações de amostragem da cunha salina da foz do Rio São Francisco, durante a baixamar da maré de sizígia (lua nova) do dia 04/07/2020.

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 nova) do dia 04/07/2020, na foz do Rio São Francisco.

Data	Hora	Estação	Vel. (m.s ⁻¹)	Direção (°)
04/07/2020	14:57	ESF_D1	0.416	359
	15:09	ESF 10	0.570	302
	15:19	ESF 14	0.325	339
	15:27	ESF 18	0.254	7
	15:37	ESF 21	0.190	304
	15:45	ESF 22	0.333	350
	15:51	ESF 23	0.188	286
	16:07	ESF 26	0.132	250
	16:10	ESF 30	0.064	193
	16:15	ESF 28	0.111	79
	16:24	ESF 31	0.175	90
	16:46	ESF 32	0.100	225
	16:44	ESF 27	0.042	271
	16:51	ESF 25	0.114	141

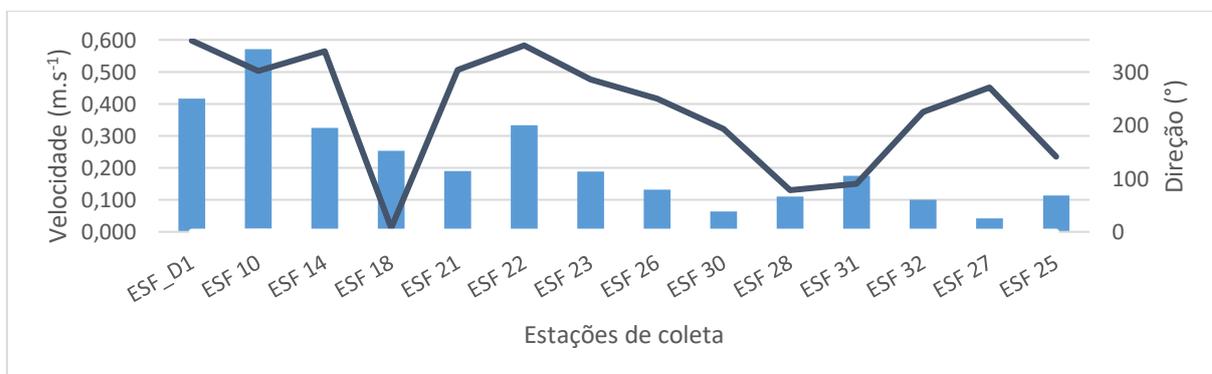


Figura 6: Variação média da velocidade (barras azuis) e da direção (linha azul escuro) das correntes na coluna entre pelas estações de amostragem da cunha salina da foz do Rio São Francisco, durante a preamar da maré de sizígia (lua nova) do dia 04/07/2020.

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 nova) do dia 05/07/2020, na foz do Rio São Francisco.

Data	Hora	Estação	Vel. (m.s ⁻¹)	Direção (°)
05/07/2020	09:12	ESF_D1	0.656	118
	09:31	ESF 10	0.792	170
	09:43	ESF 14	0.767	187
	09:48	ESF 18	0.684	192
	10:09	ESF 21	0.692	161
	10:10	ESF 22	0.775	160
	10:17	ESF 23	0.629	150
	10:29	ESF 26	0.785	80
	10:30	ESF 30	0.867	98
	10:37	ESF 28	0.849	61
	10:45	ESF 31	0.706	79
	10:59	ESF 32	0.786	80
	11:03	ESF 27	0.693	51
	11:16	ESF 25	0.659	135

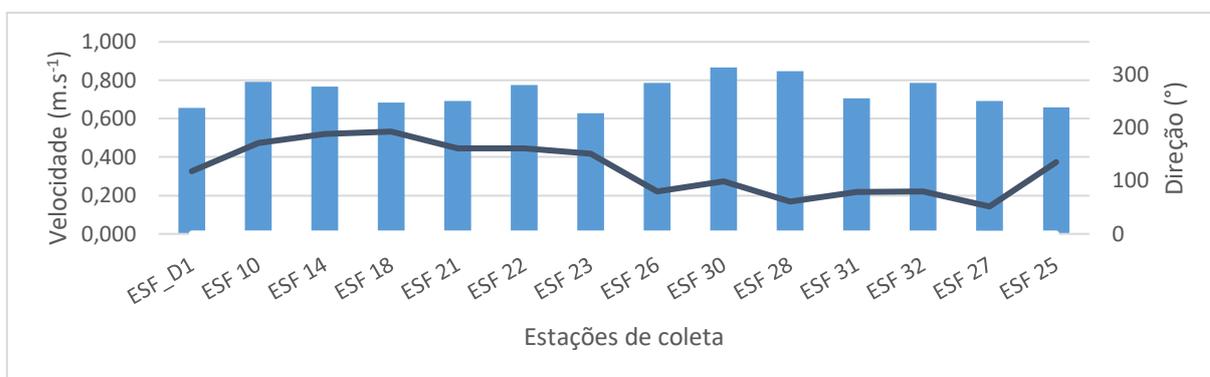


Figura 7: Variação média da velocidade (barras azuis) e da direção (linha azul escuro) das correntes na coluna entre pelas estações de amostragem da cunha salina da foz do Rio São Francisco, durante a baixamar da maré de sizígia (lua nova) do dia 05/07/2020.

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 05/07/2020, na foz do Rio São Francisco.

Data	Hora	Estação	Vel. (m.s ⁻¹)	Direção (°)
05/07/2020	15:27	ESF_D1	0.415	348
	15:40	ESF 10	0.288	272
	15:44	ESF 14	0.399	147
	16:03	ESF 18	0.388	10
	16:10	ESF 21	0.123	256
	16:15	ESF 22	0.439	349
	16:20	ESF 23	0.305	315
	16:21	ESF 26	0.251	260
	16:10	ESF 30	0.064	193
	16:40	ESF 28	0.226	256
	16:50	ESF 31	0.197	245
	17:01	ESF 32	0.118	260
	17:11	ESF 27	0.061	261
	17:29	ESF 25	0.141	41

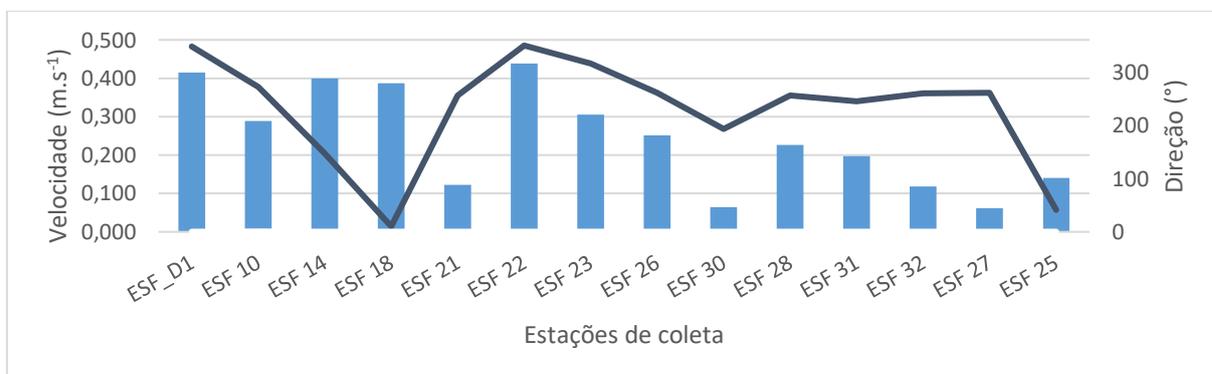


Figura 8: Variação média da velocidade (barras azuis) e da direção (linha azul escura) das correntes na coluna entre pelas estações de amostragem da cunha salina da foz do Rio São Francisco, durante a preamar da maré de sizígia (lua cheia) do dia 05/07/2020.

Campanhas móveis realizadas nos dias 21 e 22 de julho de 2020.

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 21/07/2020, na foz do Rio São Francisco.

Data	Hora	Estação	Vel. (m.s ⁻¹)	Direção (°)
21/07/2020	08:17	ESF_D1	0.672	180
	08:28	ESF 10	0.778	180
	08:41	ESF 14	0.766	186
	08:53	ESF 18	0.707	185
	09:03	ESF 21	0.690	161
	09:13	ESF 22	0.831	164
	09:23	ESF 23	0.899	141
	09:34	ESF 26	0.729	89
	09:38	ESF 30	0.803	105
	09:43	ESF 28	0.731	67
	09:51	ESF 31	0.815	86
	10:04	ESF 32	0.678	81
	10:11	ESF 27	0.666	58
	10:19	ESF 25	0.670	141

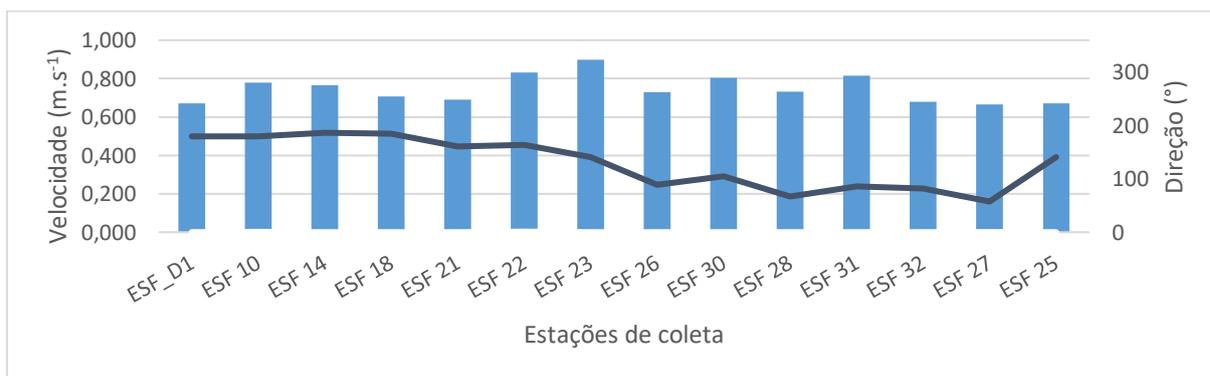


Figura 9: Variação média da velocidade (barras azuis) e da direção (linha azul escuro) das correntes na coluna entre pelas estações de amostragem da cunha salina da foz do Rio São Francisco, durante a baixamar da maré de sizígia (lua Nova) do dia 21/07/2020.

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 21/07/2020, na foz do Rio São Francisco.

Data	Hora	Estação	Vel. (m.s ⁻¹)	Direção (°)
21/07/2020	14:39	ESF_D1	0.491	304
	14:49	ESF 10	0.633	80
	15:00	ESF 14	0.556	281
	15:10	ESF 18	0.398	6
	15:18	ESF 21	0.456	341
	15:27	ESF 22	0.670	345
	15:35	ESF 23	0.296	292
	15:44	ESF 26	0.348	271
	00:00	ESF 30	0.560	102
	15:54	ESF 28	0.267	267
	16:01	ESF 31	0.525	253
	16:13	ESF 32	0.312	257
	16:22	ESF 27	0.207	243
	16:30	ESF 25	0.396	313

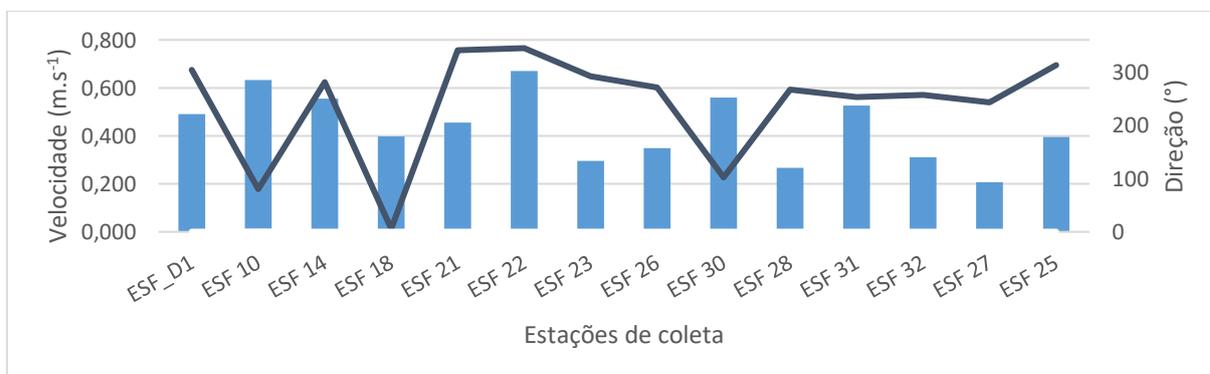


Figura 10: Variação média da velocidade (barras azuis) e da direção (linha azul escura) das correntes na coluna entre pelas estações de amostragem da cunha salina da foz do Rio São Francisco, durante a preamar da maré de sizígia (lua Nova) do dia 21/07/2020.

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 22/07/2020, na foz do Rio São Francisco.

Data	Hora	Estação	Vel. (m.s ⁻¹)	Direção (°)
22/07/2020	08:15	ESF_D1	0.526	189
	08:29	ESF 10	0.663	158
	08:41	ESF 14	0.767	181
	08:53	ESF 18	0.758	187
	09:04	ESF 21	0.611	168
	09:14	ESF 22	0.823	163
	09:24	ESF 23	1.007	145
	09:39	ESF 26	0.806	90
	09:43	ESF 30	0.803	105
	09:47	ESF 28	0.592	71
	10:02	ESF 31	0.772	77
	10:11	ESF 32	0.607	80
	10:14	ESF 27	0.570	54
	10:30	ESF 25	0.754	142

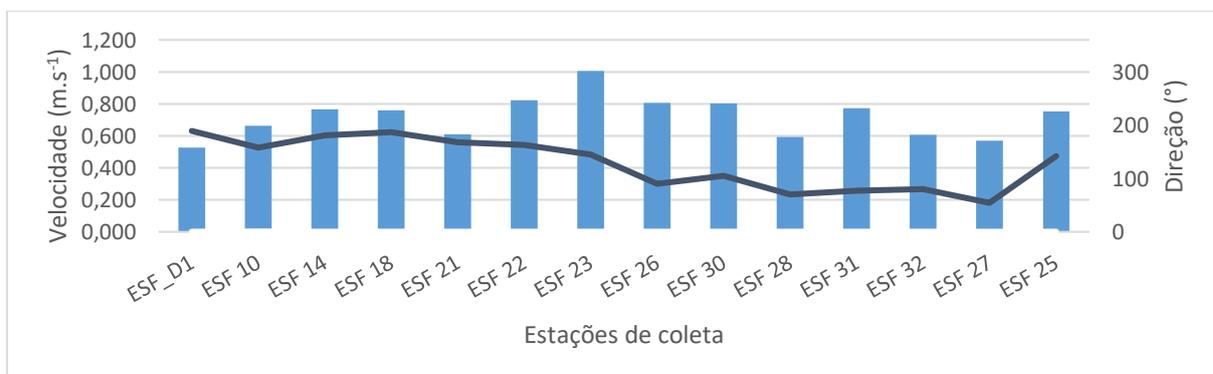


Figura 11: Variação média da velocidade (barras azuis) e da direção (linha azul escura) das correntes na coluna entre pelas estações de amostragem da cunha salina da foz do Rio São Francisco, durante a baixamar da maré de sizígia (lua Nova) do dia 22/07/2020.

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 22/07/2020, na foz do Rio São Francisco.

Data	Hora	Estação	Vel. (m.s ⁻¹)	Direção (°)
22/07/2020	14:11	ESF_D1	0.189	238
	14:22	ESF 10	0.330	198
	14:30	ESF 14	0.392	355
	14:41	ESF 18	0.251	127
	14:50	ESF 21	0.129	197
	15:00	ESF 22	0.263	259
	15:06	ESF 23	0.292	327
	15:14	ESF 26	0.293	274
	00:00	ESF 30	0.560	102
	15:22	ESF 28	0.258	238
	15:29	ESF 31	0.342	266
	15:40	ESF 32	0.142	231
	15:54	ESF 27	0.366	234
	16:03	ESF 25	0.432	308

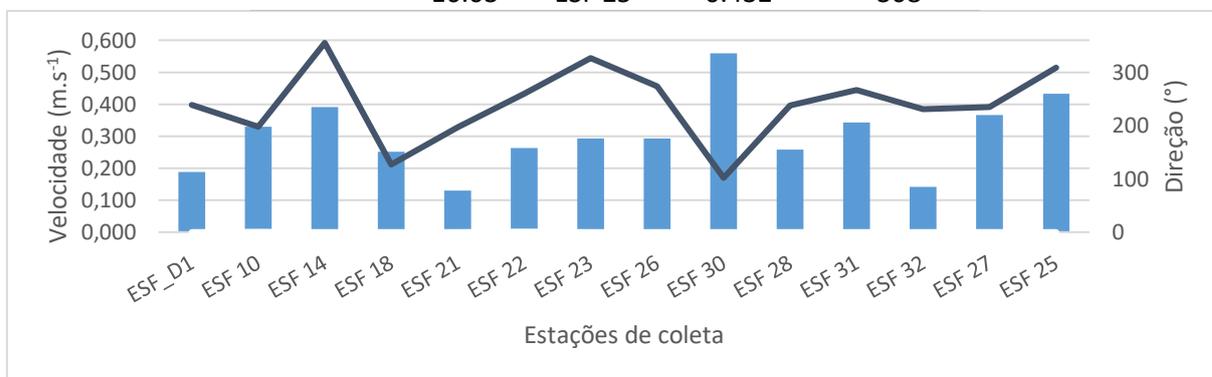


Figura 12: Variação média da velocidade (barras azuis) e da direção (linha azul escura) das correntes na coluna entre pelas estações de amostragem da cunha salina da foz do Rio São Francisco, durante a preamar da maré de sizígia (lua Nova) do dia 22/07/2020.

Resultados do CTD

Salinidade

As Figuras 13 a 18 demonstram a penetração da cunha salina na baixamar e preamar dos dois períodos de sizígia analisados referentes a julho de 2020. 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 julho de 2020, 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 14 a qual representa a coleta realizada no dia 04 de julho de 2020. 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.

Baixamar e preamar dos dias 4 e 5 de julho de 2020.

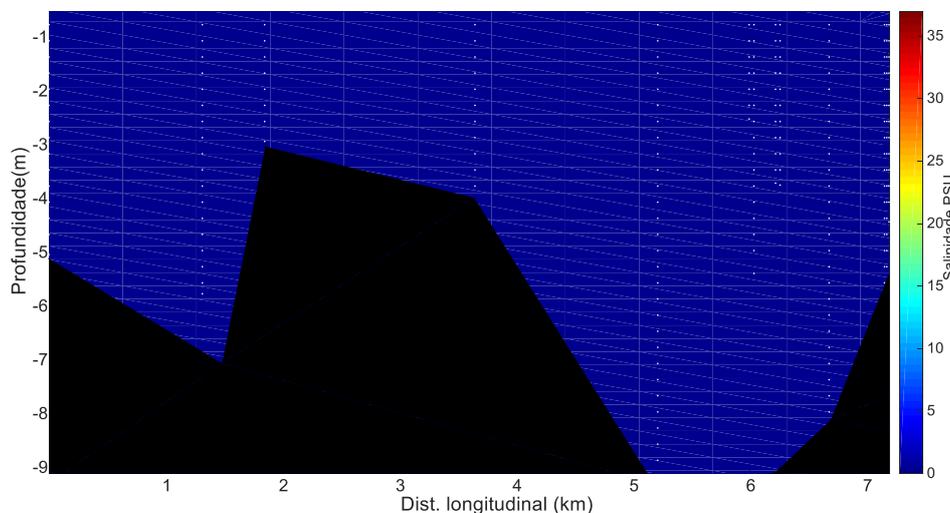


Figura 13: Distribuição longitudinal da salinidade na foz do rio São Francisco, variando da estação ESF 10 (ponto mais próximo à foz) à ESF 30 (ponto mais distante da foz), no período de baixamar do dia 4 de julho de 2020. Os pontos brancos indicam a localização longitudinal de cada perfil.

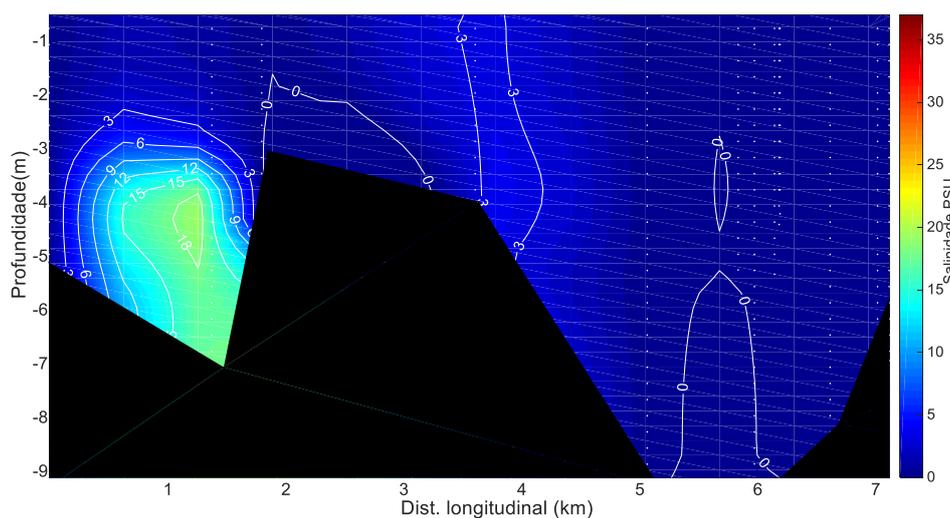


Figura 14: Distribuição longitudinal da salinidade na foz do rio São Francisco, variando da estação ESF 10 (ponto mais próximo à foz) à ESF 30 (ponto mais distante da foz), no período de preamar do dia 4 de julho de 2020. Os pontos brancos indicam a localização longitudinal de cada perfil.

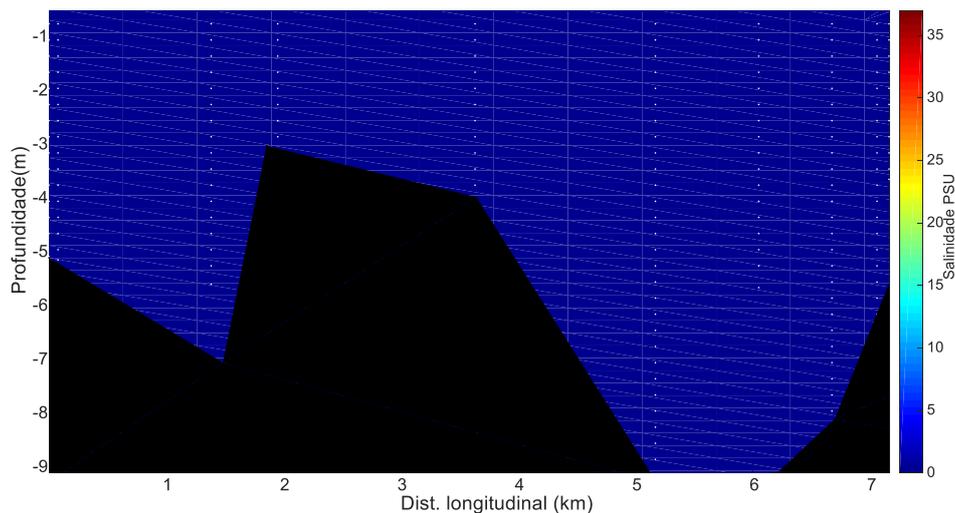


Figura 15: Distribuição longitudinal da salinidade na foz do rio São Francisco, variando da estação ESF 10 (ponto mais próximo à foz) à ESF 30 (ponto mais distante da foz), no período de baixamar do dia 5 de julho de 2020. Os pontos brancos indicam a localização longitudinal de cada perfil.

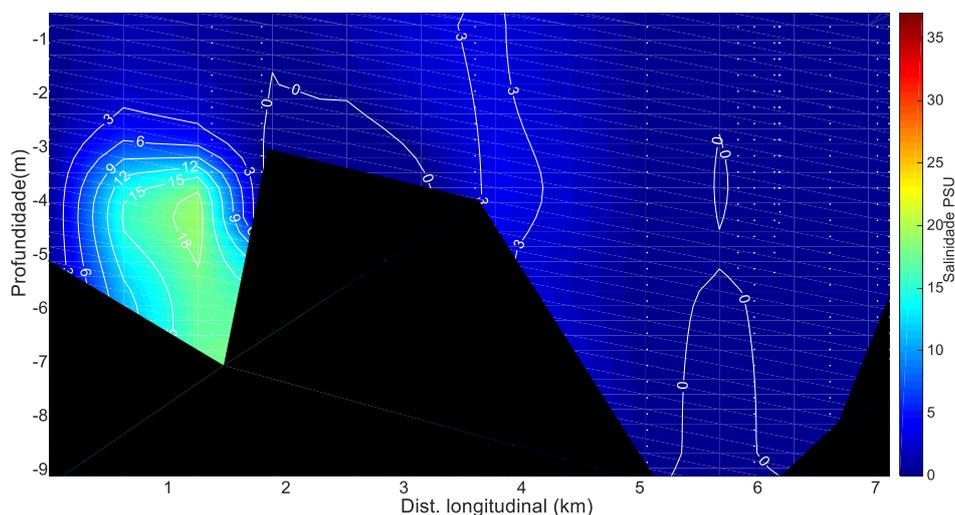


Figura 16: Distribuição longitudinal da salinidade na foz do rio São Francisco, variando da estação ESF 10 (ponto mais próximo à foz) à ESF 30 (ponto mais distante da foz), no período de preamar do dia 5 de julho de 2020. Os pontos brancos indicam a localização longitudinal de cada perfil.

Baixamar e preamar dos dias 21 e 22 de julho de 2020.

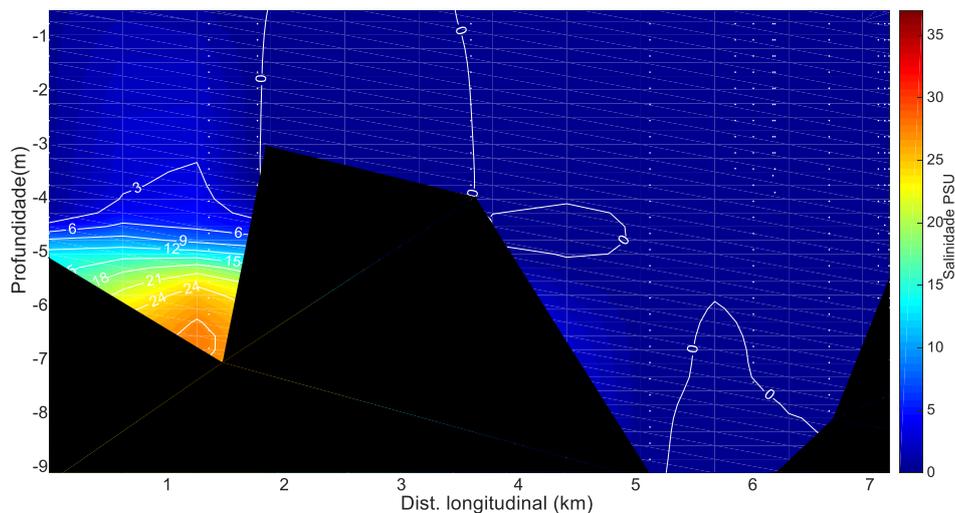


Figura 17: Distribuição longitudinal da salinidade na foz do rio São Francisco, variando da estação ESF 10 (ponto mais próximo à foz) à ESF 30 (ponto mais distante da foz), no período de baixamar do dia 21 de julho de 2020. Os pontos brancos indicam a localização longitudinal de cada perfil.

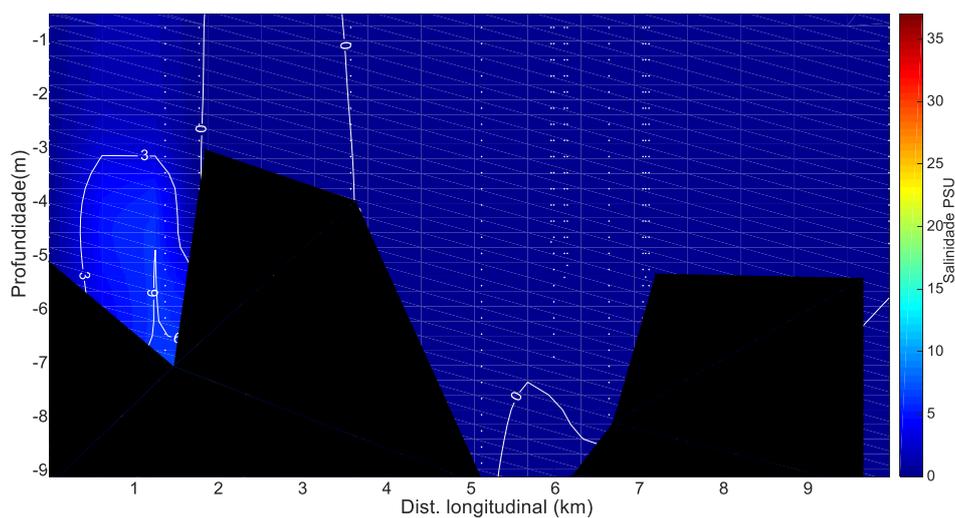


Figura 18: Distribuição longitudinal da salinidade na foz do rio São Francisco, variando da estação ESF 10 (ponto mais próximo à foz) à ESF 30 (ponto mais distante da foz), no período de preamar do dia 21 de julho de 2020. Os pontos brancos indicam a localização longitudinal de cada perfil.

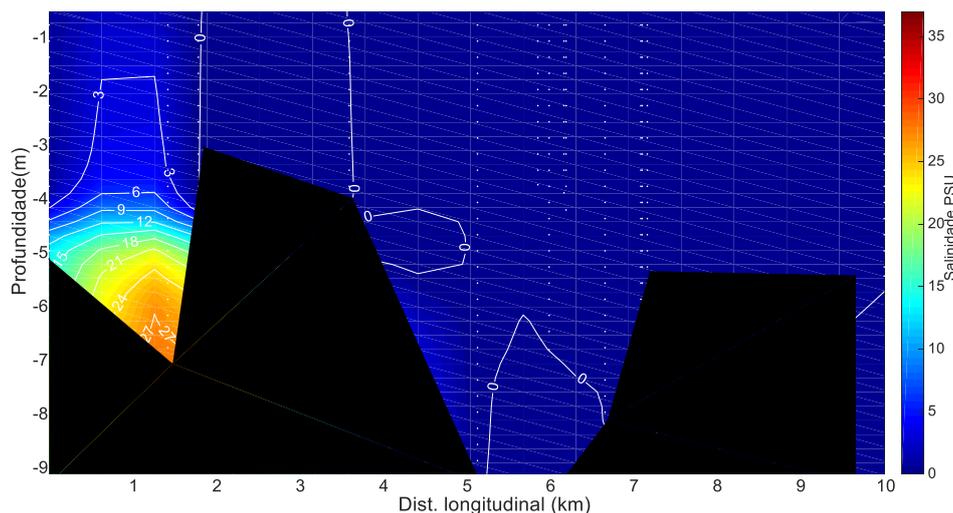


Figura 19: Distribuição longitudinal da salinidade na foz do rio São Francisco, variando da estação ESF 10 (ponto mais próximo à foz) à ESF 30 (ponto mais distante da foz), no período de baixamar do dia 22 de julho de 2020. Os pontos brancos indicam a localização longitudinal de cada perfil.

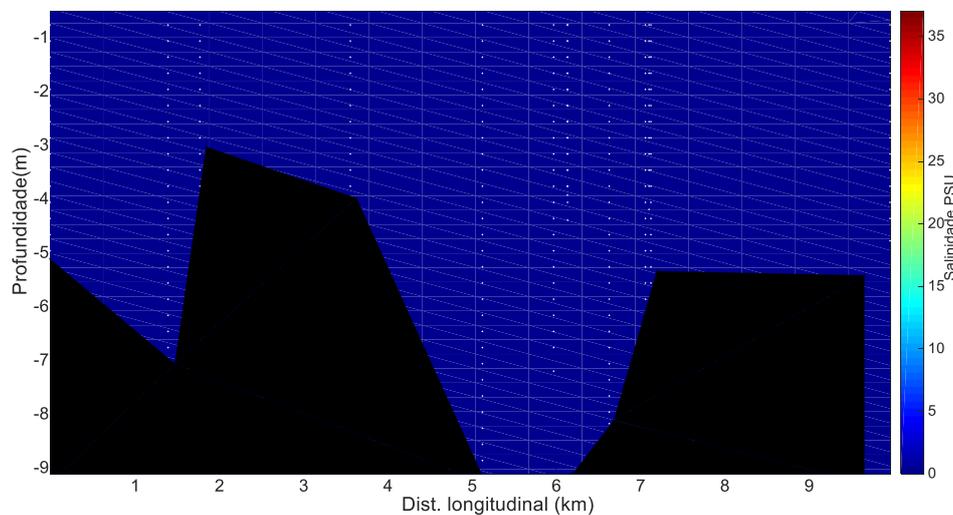


Figura 20: Distribuição longitudinal da salinidade na foz do rio São Francisco, variando da estação ESF 10 (ponto mais próximo à foz) à ESF 30 (ponto mais distante da foz), no período de preamar do dia 22 de julho de 2020. Os pontos brancos indicam a localização longitudinal de cada perfil.

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 julho de 2020, a temperatura registrada nas coletas estiveram predominantemente em torno de 27,8°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°C, foram registradas na região próximo ao ponto ESF 26 e próximo à foz (Figura 21). De maneira geral, a temperatura esteve entre 26 e 27,5 °C, como mostram as Figuras 21 a 26.

Baixamar e preamar do dia 4 e 5 de julho de 2020

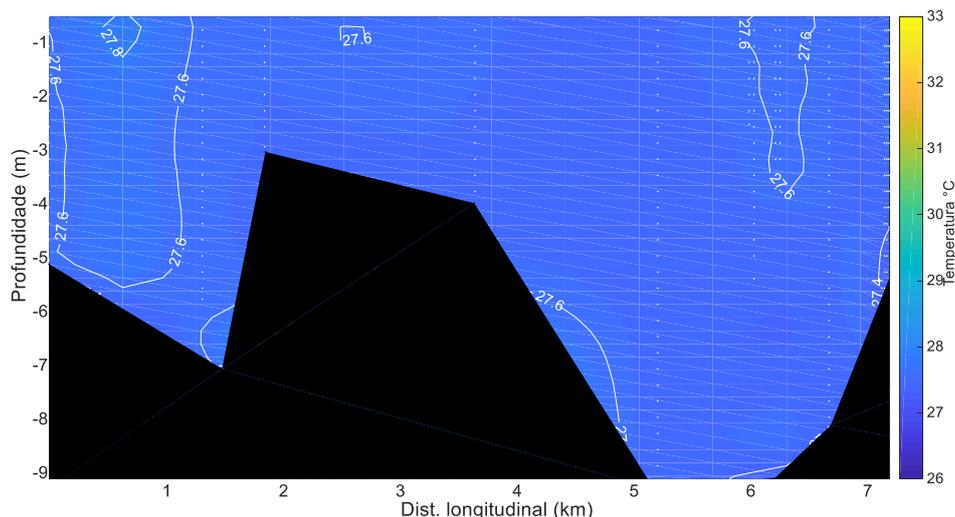


Figura 21: Distribuição longitudinal da temperatura da água na foz do rio São Francisco, variando da estação ESF 10 (ponto mais próximo à foz) à estação ESF 30 (ponto mais distante da foz,) no período de baixamar do dia 4 de julho de 2020. Os pontos brancos indicam a localização longitudinal de cada perfil.

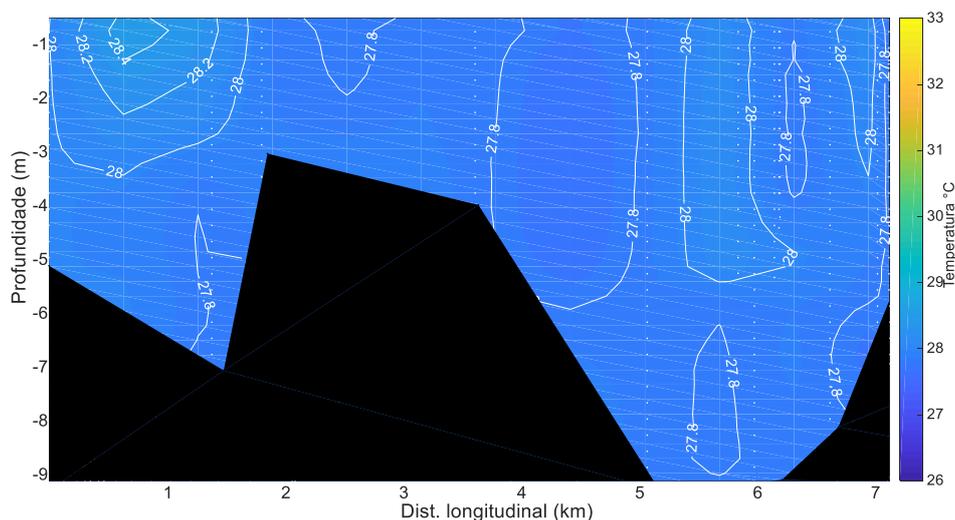


Figura 22: Distribuição longitudinal da temperatura da água na foz do rio São Francisco, variando da estação ESF 10 (ponto mais próximo à foz) à estação ESF 30 (ponto mais distante da foz,) no período de preamar do dia 4 de julho de 2020. Os pontos brancos indicam a localização longitudinal de cada perfil.

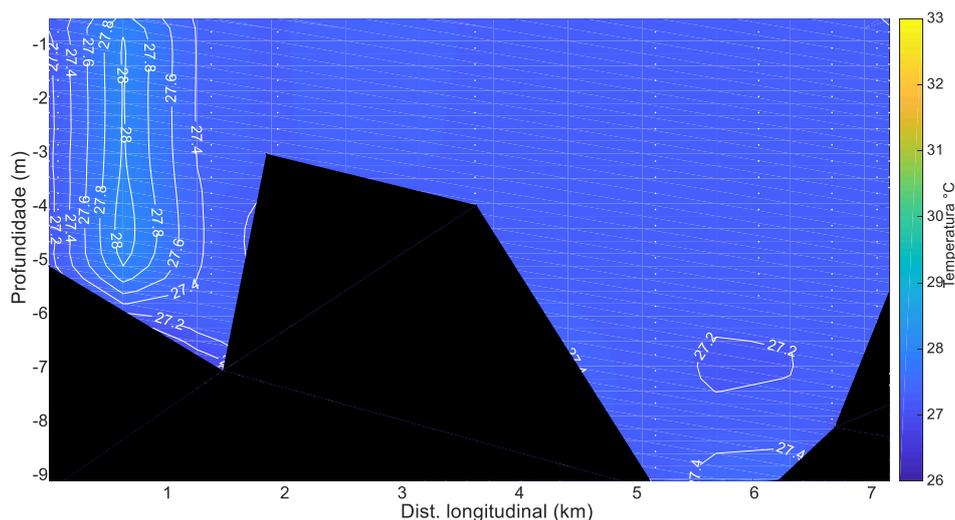


Figura 23: Distribuição longitudinal da temperatura da água na foz do rio São Francisco, variando da estação ESF 10 (ponto mais próximo à foz) à estação ESF 30 (ponto mais distante da foz,) no período de baixamar do dia 5 de julho de 2020. Os pontos brancos indicam a localização longitudinal de cada perfil.

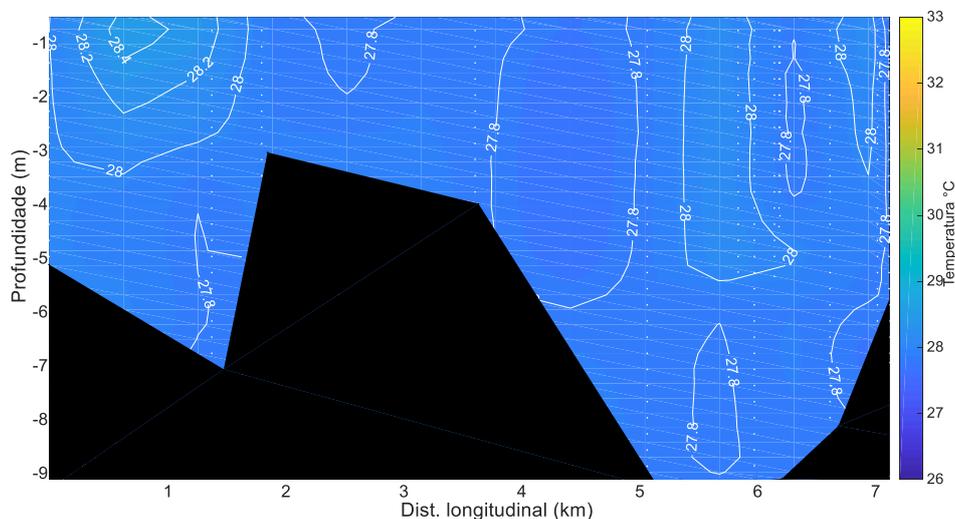


Figura 24: Distribuição longitudinal da temperatura da água na foz do rio São Francisco, variando da estação ESF 10 (ponto mais próximo à foz) à estação ESF 30 (ponto mais distante da foz,) no período de preamar do dia 5 de julho de 2020. Os pontos brancos indicam a localização longitudinal de cada perfil.

Baixamar e preamar do dia 21 e 22 de julho de 2020.

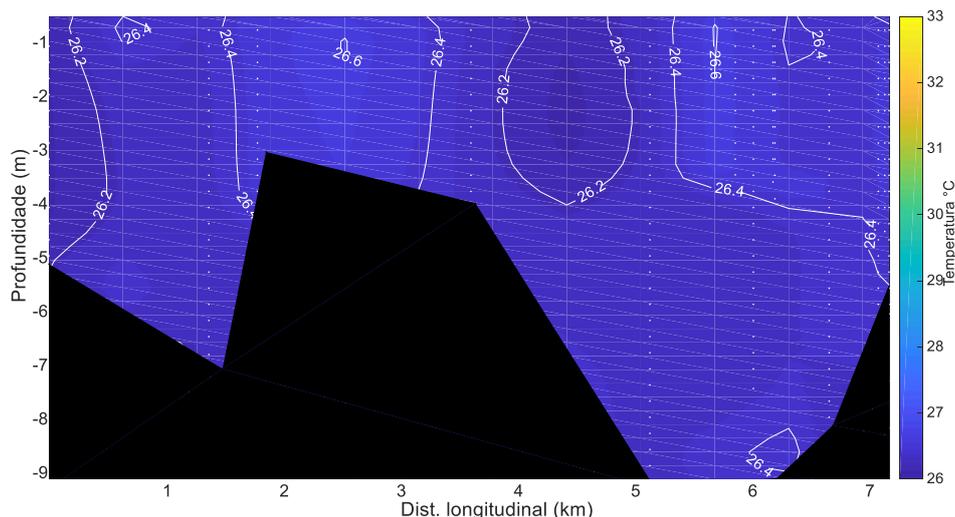


Figura 25: Distribuição longitudinal da temperatura da água na foz do rio São Francisco, variando da estação ESF 10 (ponto mais próximo à foz) à estação ESF 30 (ponto mais distante da foz,) no período de baixamar do dia 21 de julho de 2020. Os pontos brancos indicam a localização longitudinal de cada perfil.

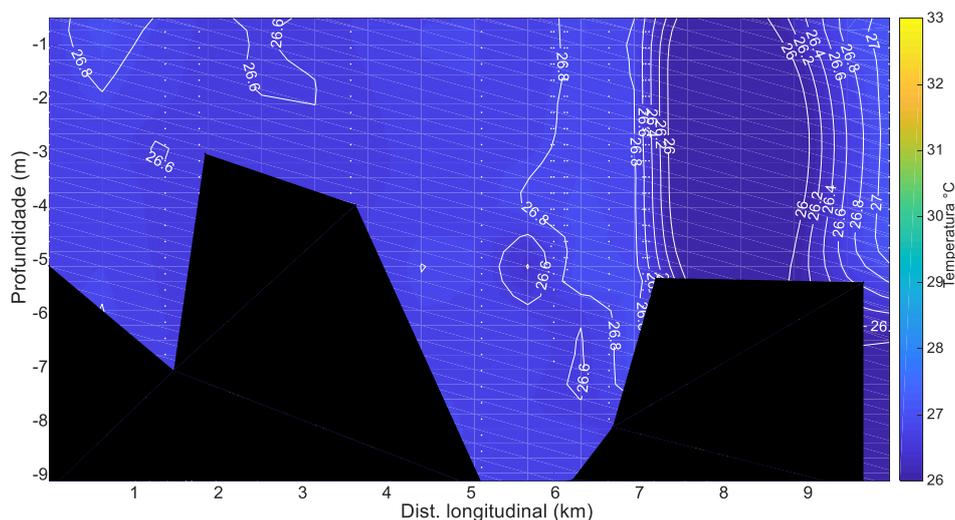


Figura 26: Distribuição longitudinal da temperatura da água na foz do rio São Francisco, variando da estação ESF 10 (ponto mais próximo à foz) à estação ESF 30 (ponto mais distante da foz,) no período de preamar do dia 21 de julho de 2020. Os pontos brancos indicam a localização longitudinal de cada perfil.

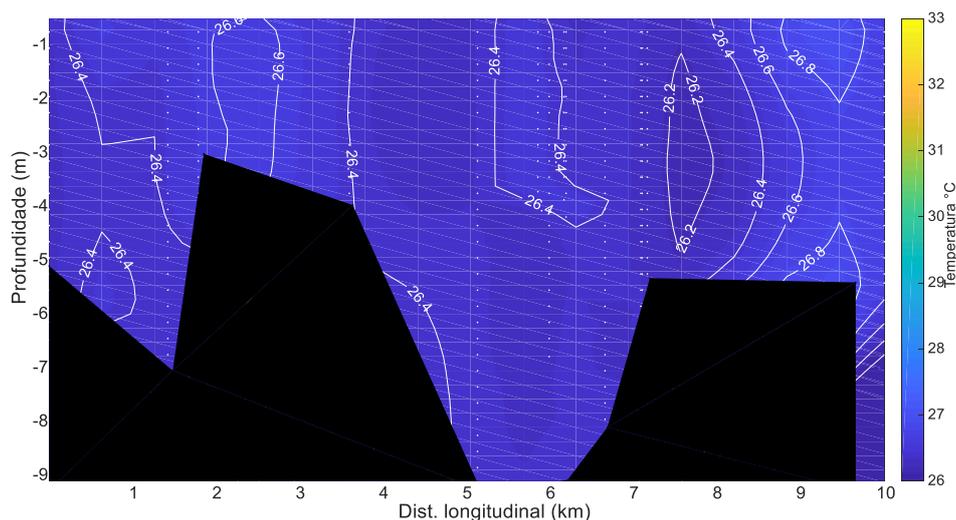


Figura 27: Distribuição longitudinal da temperatura da água na foz do rio São Francisco, variando da estação ESF 10 (ponto mais próximo à foz) à estação ESF 30 (ponto mais distante da foz,) no período de baixamar do dia 21 de julho de 2020. Os pontos brancos indicam a localização longitudinal de cada perfil.

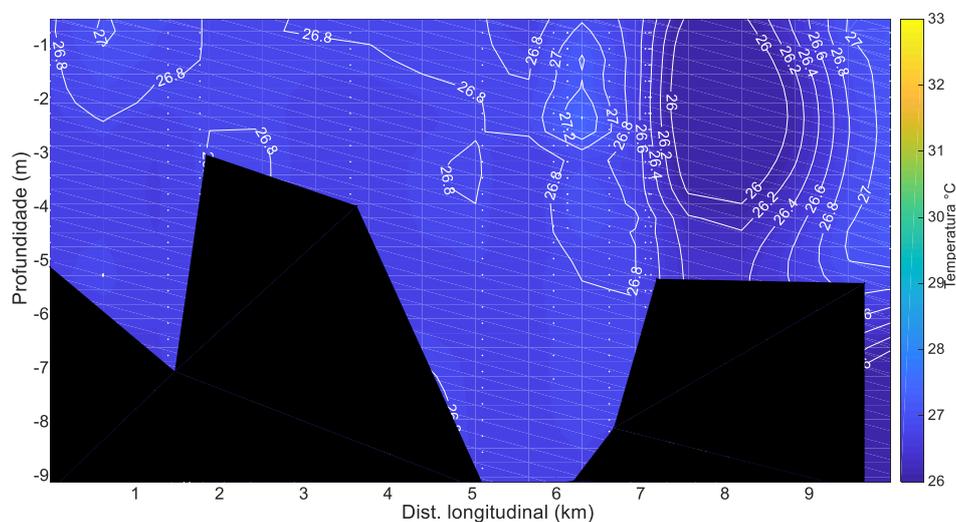


Figura 28: Distribuição longitudinal da temperatura da água na foz do rio São Francisco, variando da estação ESF 10 (ponto mais próximo à foz) à estação ESF 30 (ponto mais distante da foz,) no período de preamar do dia 21 de julho de 2020. Os pontos brancos indicam a localização longitudinal de cada 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 da corrente mais intensas foram registradas no monitoramento na localidade de Penedinho-SE no dia 22 de julho 2020, quando atingiu 1 m.s^{-1} . Neste ponto, a variação bidirecional de vazante e enchente foi de 100 a 291° , respectivamente. Em Brejo Grande, esta variou entre 70 a 250° . 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 se 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 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 06 e 07 de julho de 2020

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 6 de julho de 2020.

Data	Hora	Vel.(m.s ⁻¹)	Direção (°)
Brejo Grande	07:00	0.537	81
	07:45	0.621	78
	08:50	0.695	82
	09:40	0.694	77
	10:35	0.683	81
	11:25	0.632	79
	12:15	0.589	83
	13:00	0.490	79
	14:00	0.280	85
	15:10	0.207	265
	16:00	0.220	267
	17:00	0.163	266
	17:40	0.073	267

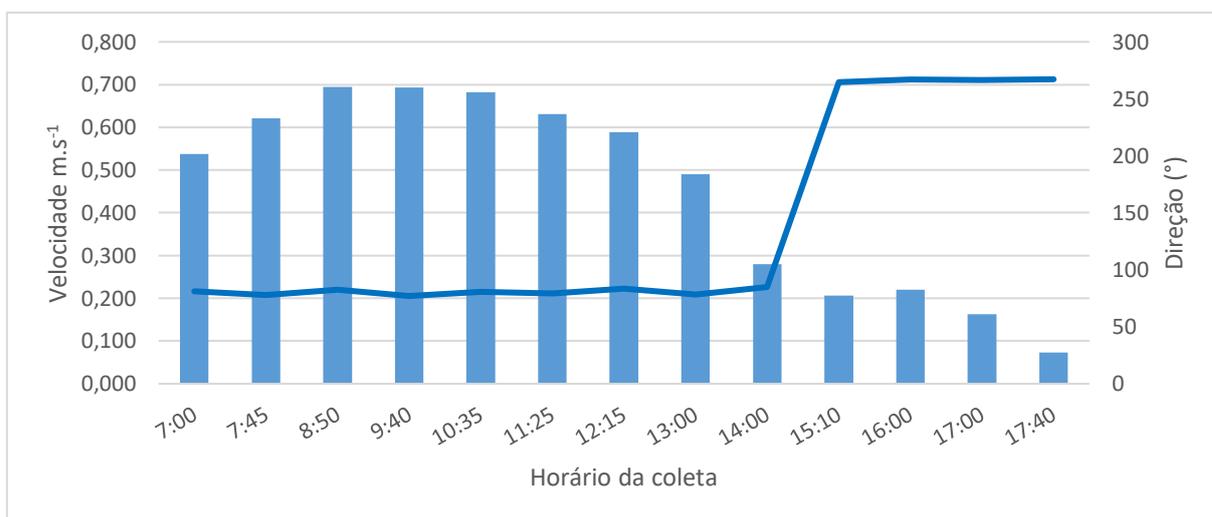


Figura 29: Dados hidrodinâmicos coletados durante a campanha fixa em Penedinho (ESF 30) no dia 6 de julho de 2020. As barras azuis representam a velocidade da corrente e a linha laranja a direção.

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 7 de julho de 2020

Data	Hora	Vel.(m.s ⁻¹)	Direção (°)
07/07/2020	06:00	0.069	134
	06:50	0.383	101
	07:40	0.585	101
	08:30	0.665	234
	09:20	0.744	103
	10:10	0.867	98
	11:00	0.952	99
	12:00	0.884	101
	12:50	0.881	102
	13:40	0.784	102
	14:30	0.435	100
	15:20	0.064	193
	16:10	0.304	283

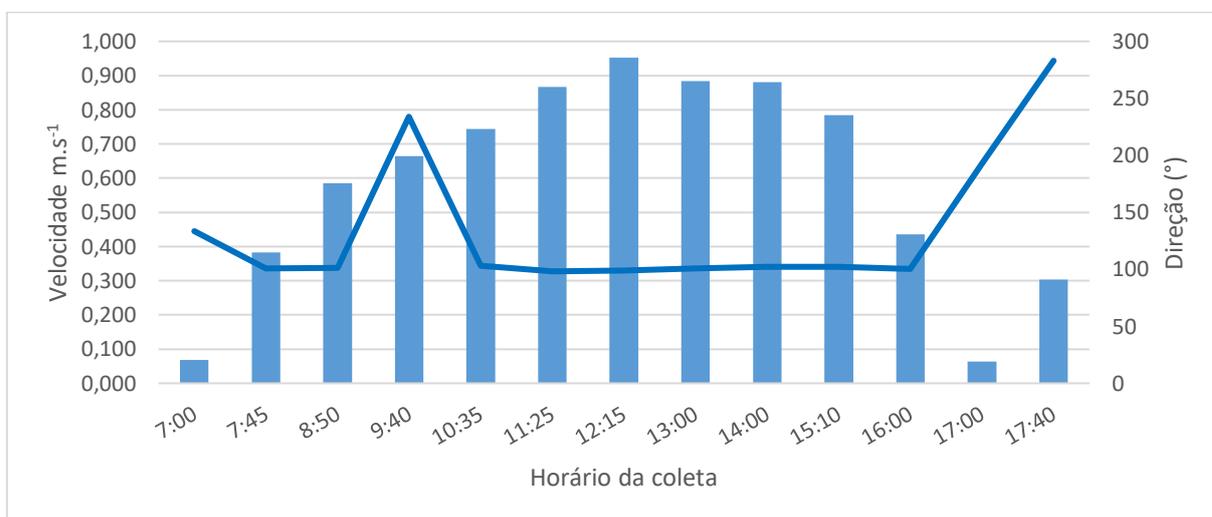


Figura 30: Dados hidrodinâmicos coletados durante a campanha fixa na bomba de captação de água da cidade de Brejo Grande, SE (ESF 32), no dia 10 de julho de 2020. As barras azuis representam a velocidade da corrente e a linha laranja a direção.

Campanhas fixas realizadas nos dias 22 e 23 de julho de 2020

Tabela 22: Dados de velocidade e direção da coluna d'água durante o monitoramento fixo na bomba de captação de água da cidade da cidade de Brejo grande, SE, (ESF 32) no dia 22-23 de julho 2020.

Data	Hora	Vel.(m.s ⁻¹)	Direção (°)
22-23/07/2020	15:40	0.142	231
	16:35	0.309	262
	17:30	0.192	266
	18:25	0.100	89
	19:20	0.405	77
	20:15	0.651	76
	00:00	0.779	74
	22:05	0.772	72
	23:00	0.743	73
	23:55	0.717	76
	00:50	0.633	76
	01:45	0.440	78
	02:40	0.164	72

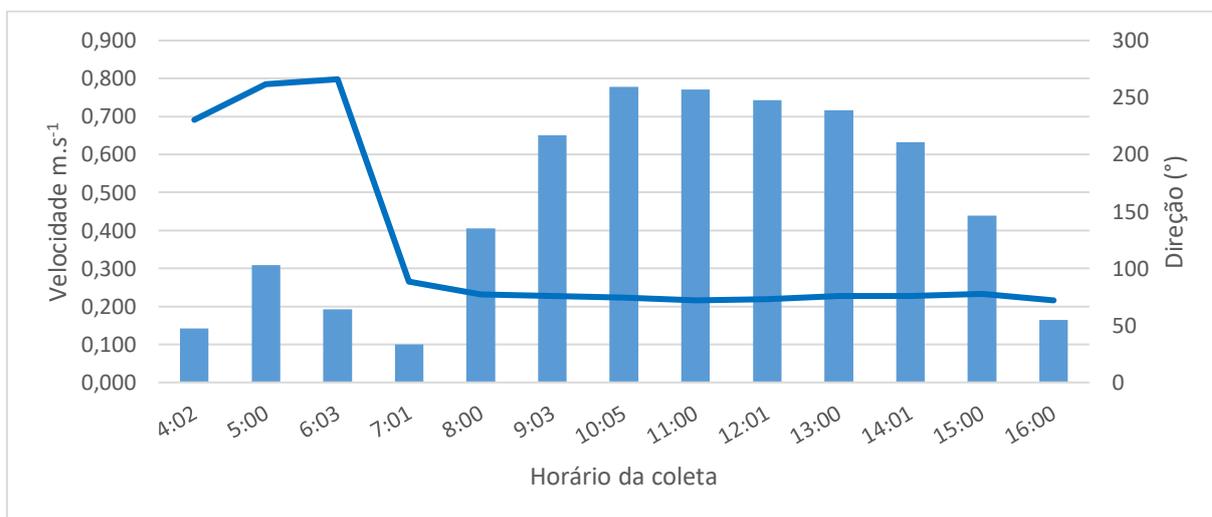


Figura 31: Dados hidrodinâmicos coletados durante a campanha fixa da cidade de Brejo grande, SE, (ESF 32) no dia 22-23 de julho de 2020. As barras azuis representam a velocidade da corrente e a linha laranja a direção.

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 Penedinho (ESF30) no dia 23 de julho de 2020

Data	Hora	Vel.(m.s ⁻¹)	Direção (°)
23/07/2020	05:30	0.356	285
	06:20	0.110	279
	07:10	0.234	104
	08:00	0.547	106
	08:50	0.701	106
	09:40	0.803	105
	10:30	0.848	104
	11:20	0.857	104
	12:10	0.880	102
	13:00	0.925	105
	13:50	0.877	105
	14:40	0.748	103
	15:30	0.560	102

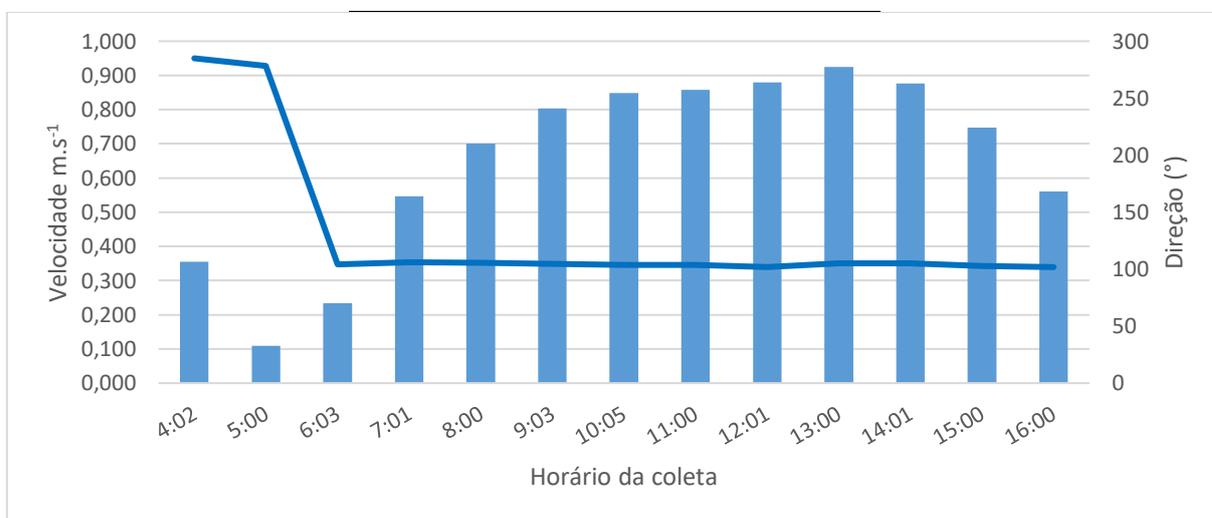


Figura 32: Dados hidrodinâmicos coletados durante a campanha fixa na bomba de captação de água da cidade de Penedinho (ESF30) no dia 23 de julho de 2020. As barras azuis representam a velocidade da corrente e a linha laranja a direção.

As Figuras 33 a 36 representam a distribuição temporal de salinidade da água das campanhas fixas de 12 horas, realizadas nos dias ,07, 08, 20 e 23 de julho de 2020. 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, desta forma os parâmetros de salinidade para todas as medições estiveram dentro dos parâmetros seguros para o uso doméstico.

Para temperatura foi observado um padrão temporal similar de variação da temperatura no ciclo diurno, evidenciando uma elevação gradual da temperatura das massas de água ao longo do dia, com uma amplitude média em torno 0,4°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

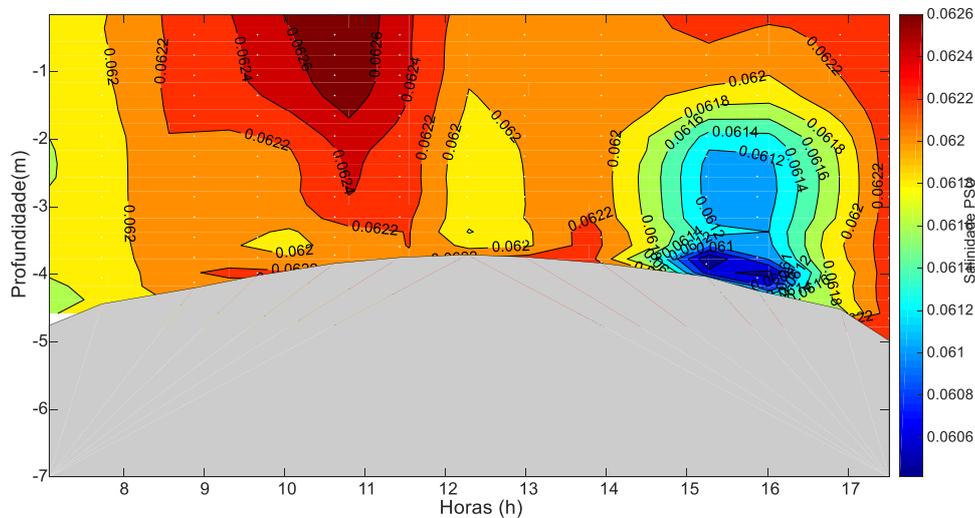


Figura 33: Distribuição temporal da salinidade da água durante o monitoramento fixo da cunha salina, realizado no dia 6 de julho de 2020, nas proximidades da bomba de captação de água da cidade de Brejo Grande- SE. Os pontos brancos representam o momento do dia da campanha quando os perfis foram realizados e o formato do fundo corresponde à variação do nível da coluna d'água ou o ponto máximo de alcance do CTD.

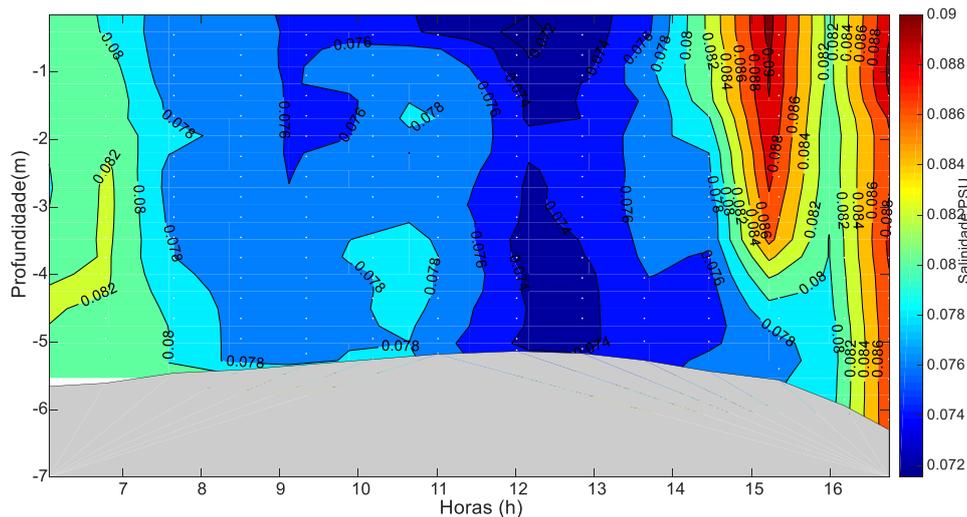


Figura 34: Distribuição temporal da salinidade da água durante o monitoramento fixo da cunha salina, realizado no dia 7 de julho de 2020, nas proximidades da bomba de captação de água da cidade de Penedinho (ESF 30), ESF 32. Os pontos brancos representam o momento do dia da campanha quando os perfis foram realizados e o formato do fundo corresponde à variação do nível da coluna d'água ou o ponto máximo de alcance do CTD.

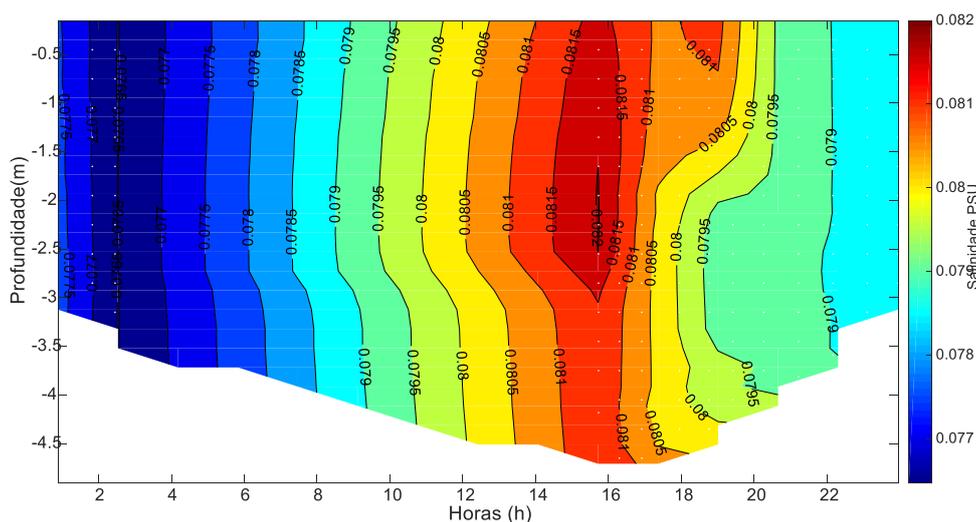


Figura 35: Distribuição temporal da salinidade da água durante o monitoramento fixo da cunha salina, realizado no dia 22-23 de julho de 2020, nas proximidades da bomba de captação de água da cidade de Brejo Grande, ESF 32. Os pontos brancos representam o momento do dia da campanha quando os perfis foram realizados e o formato do fundo corresponde à variação do nível da coluna d'água ou o ponto máximo de alcance do CTD.

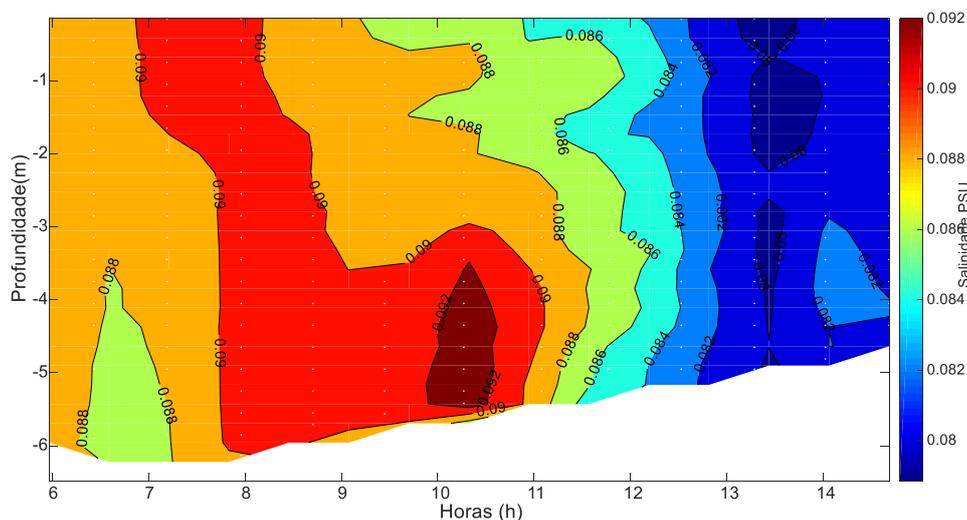


Figura 36: Distribuição temporal da salinidade da água durante o monitoramento fixo da cunha salina, realizado no dia 23 de julho de 2020, nas proximidades da bomba de captação de água de Penedinho (ESF 30). Os pontos brancos representam o momento do dia da campanha quando os perfis foram realizados e o formato do fundo corresponde à variação do nível da coluna d'água ou o ponto máximo de alcance do CTD.

Temperatura

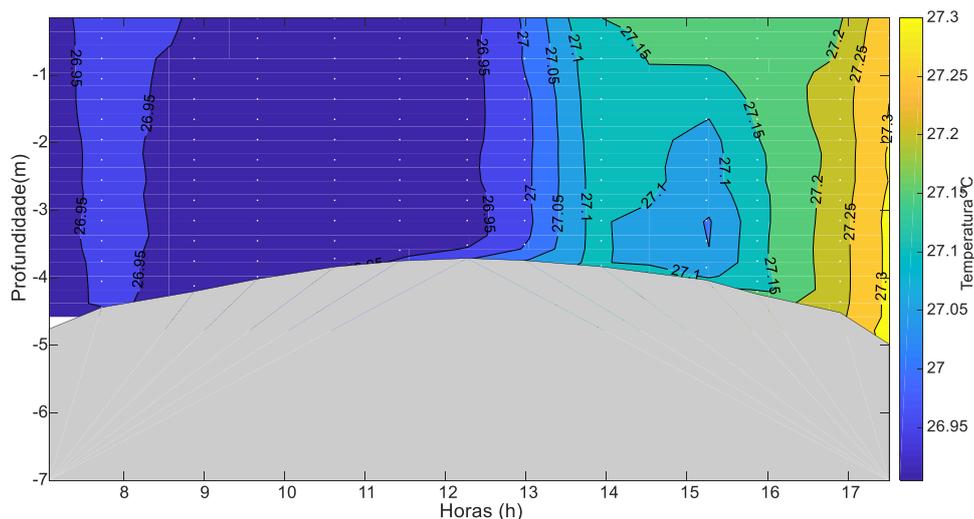


Figura 37: Distribuição temporal da temperatura da água durante o monitoramento fixo realizado no dia 6 de julho de 2020, nas proximidades da bomba de captação de água da cidade de Brejo Grande (ESF 32). Os pontos brancos representam o momento do dia da campanha quando os perfis foram realizados e o formato do fundo corresponde à variação do nível da coluna d'água ou o ponto máximo de alcance do CTD.

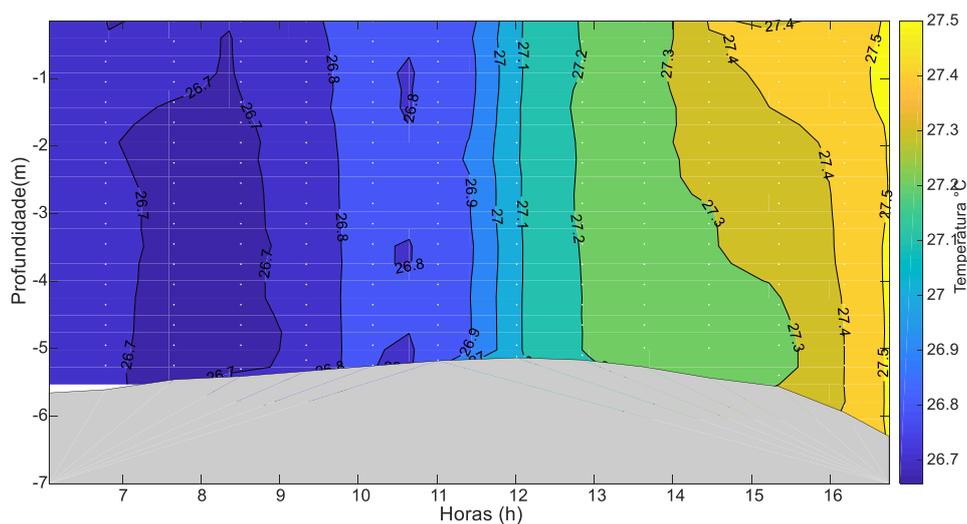


Figura 38: Distribuição temporal da temperatura para o monitoramento fixo de 12 horas da cunha salina, realizado no dia 7 de julho de 2020 nas proximidades da bomba de captação de água da cidade de Brejo Grande (ESF 32). Os pontos brancos representam o momento do dia da campanha quando os perfis foram realizados e o formato do fundo corresponde à variação do nível da coluna d'água ou o ponto máximo de alcance do CTD.

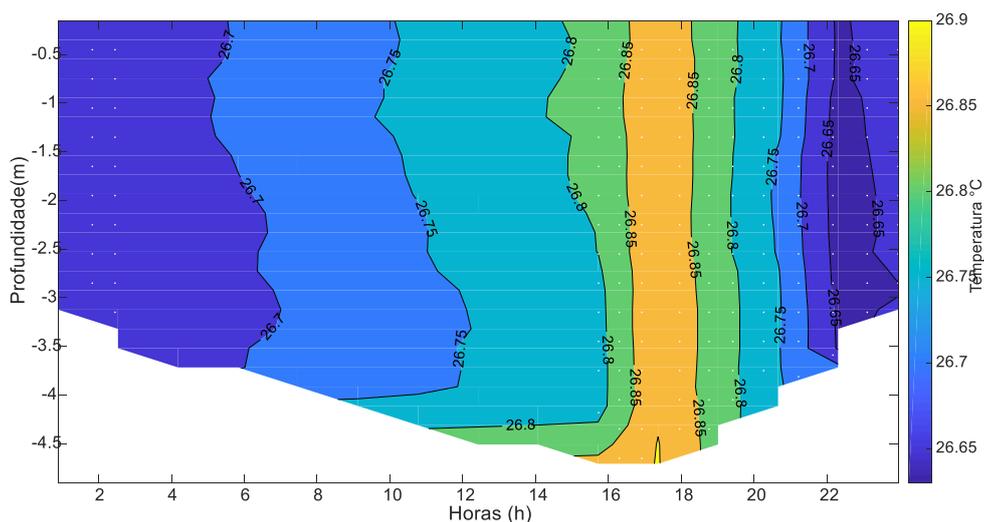


Figura 39: Distribuição temporal da temperatura para o monitoramento fixo de 12 horas da cunha salina, realizado no dia 22-23 de julho de 2020 nas proximidades da bomba de captação de água da cidade de Piaçabuçu (Penedinho, ESF 30). Os pontos brancos representam o momento do dia da campanha quando os 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.

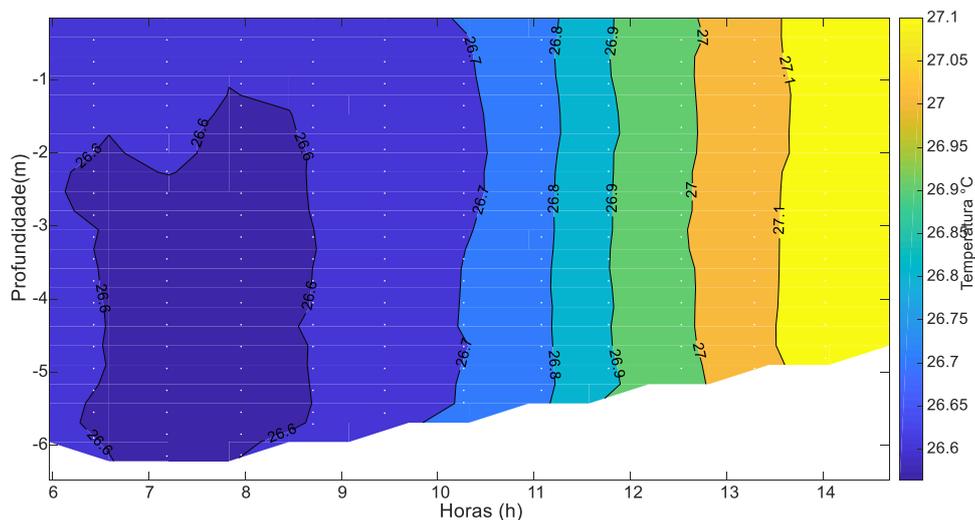


Figura 40: Distribuição temporal da temperatura para o monitoramento fixo de 12 horas da cunha salina, realizado no dia 23 de julho de 2020 nas proximidades da bomba de captação de água da cidade Brejo Grande-SE (ESF 32). Os pontos brancos representam o momento do dia da campanha quando os perfis foram realizados e o formato do fundo corresponde à variação do nível da coluna d'água ou o ponto máximo de alcance do CTD.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

As marés durante as campanhas de coleta variaram entre a altura mínima de 0,1 m nos dias 04 de julho de 2020 e a máxima de 2,2m no dia 22 de julho de 2020. Os ventos sopraram de forma predominantes da direção sudeste 125° , com velocidades média de $3,8 \text{ m.s}^{-1}$, e a temperatura atmosférica média foi de $27,7^\circ \text{C}$ para o período de lua nova e $27,7^\circ \text{C}$ 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 22 e ESF 23); onde a velocidade média das correntes foi de $0,5 \text{ m.s}^{-1}$. 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 apresentou uma distribuição homogênea em torno de $26,5^\circ \text{C}$.

E, por fim e mais importante, foi o comportamento da salinidade no Baixo São Francisco onde foi registrado nas campanhas móveis, a penetração da cunha salina durante a preamar esteve entre os pontos ESF 18, distantes aproximadamente 9,5 km 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 chegando a 36 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 5,54 km da foz do rio atingindo picos de 24 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 julho/2020. 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 28 de Agosto de, 2020, 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.