

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



MARÇO, 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

Março/ 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 22 e 23 de fevereiro de 2020.	22
	Campanhas móveis realizadas nos dias 09 e 10 de Março de 2020.	26
	Resultados do CTD	30
	MONITORAMENTO FIXO.....	40
	Dados hidrodinâmicos, campanhas fixas realizadas nos dias 26 e 27 de Fevereiro de 2020.....	41
	Campanhas fixas realizadas nos dias 09 e 10 de Março 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 Brejo Grande - SE.....	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 preta) 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 22/02/2020.	22
Figura 6: Variação média da velocidade (barras azuis) e da direção (linha preta) 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 22/02/2020.	23
Figura 7: Variação média da velocidade (barras azuis) e da direção (linha preta) 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 23/02/2020.....	24
Figura 8: Variação média da velocidade (barras azuis) e da direção (linha preta) 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 23/02/2020.	25
Figura 9: Variação média da velocidade (barras azuis) e da direção (linha preta) 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 09/03/2020.....	26
Figura 10: Variação média da velocidade (barras azuis) e da direção (linha preta) 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 09/03/2020.	27
Figura 11: Variação média da velocidade (barras azuis) e da direção (linha preta) 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 10/03/2020.....	28
Figura 12: Variação média da velocidade (barras azuis) e da direção (linha preta) das correntes na coluna entre pelas estações de amostragem da cunha salina da foz do Rio São Francisco, durante a preamar da maré de sizígia (lua cheia) do dia 10/03/2020.	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 22 de Fevereiro 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 22 de Fevereiro 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 23 de Fevereiro 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 23 de Fevereiro 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 09 de Março 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 09 de Março 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 10 de Março 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 10 de Março 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 22 Fevereiro 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 22 de Fevereiro 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 23 de Fevereiro 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 23 de Fevereiro 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 11 de Março 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 11 de Março 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 12 de Março 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 12 de Março de 2020. Os pontos brancos indicam a localização longitudinal de cada perfil.	39
Figura 29: Dados hidrodinâmicos coletados durante a campanha fixa em Brejo Grande no dia 21 de Fevereiro 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 Piaçabuçu-AL (Penedinho, ESF 30), no dia 23-24/12/2019. 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 Piaçabuçu-AL (Penedinho, ESF30) no dia 11 de Março 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 Brejo Grande – SE (ESF32), no dia 10 -11 de Março 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 21 de Fevereiro de 2020, 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.....	46
Figura 34: Distribuição temporal da salinidade da água durante o monitoramento fixo da cunha salina, realizado no dia 24 de Fevereiro 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.....	46
Figura 35: Distribuição temporal da salinidade da água durante o monitoramento fixo da cunha salina, realizado no dia 11 de Março 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.....	47
Figura 36: Distribuição temporal da salinidade da água durante o monitoramento fixo da cunha salina, realizado no dia 10-11 de Março de 2020, 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 37: Distribuição temporal da temperatura da água durante o monitoramento fixo realizado no dia 21 de Fevereiro 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 24 de Fevereiro 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 11 de Março 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 10-11 de Março 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 (22 e 23/02/2020) e lua cheia (09 e 10/03/2020). 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 nova) do dia 22/02/2020, 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 nova) do dia 22/02/2020, 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 nova) do dia 23/02/2020 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 nova) do dia 23/02/2020, 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 cheia) do dia 09/03/2020, 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 cheia) do dia 09/02/2020, 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 cheia) do dia 10/03/2020, 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 cheia) do dia 10/03/2020, 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 Março 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 22/02/2020, 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 22/02/2020, 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 23/02/2020, 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 23/02/2020, 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 09/03/2020, 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 09/03/2020, 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 cheia) do dia 10/03/2020, 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 cheia) do dia 10/03/2020, 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 da cidade de Brejo Grande –SE, no dia 21 de Fevereiro 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 Piaçabuçu-AL (Penedinho, ESF30) no dia 23 e 24 de Fevereiro 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 Piaçabuçu-AL (Penedinho, ESF30), no dia 11 de Março 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 Brejo Grande - SE (ESF32) no dia 10 - 11 de Março 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 1600 m³.

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.

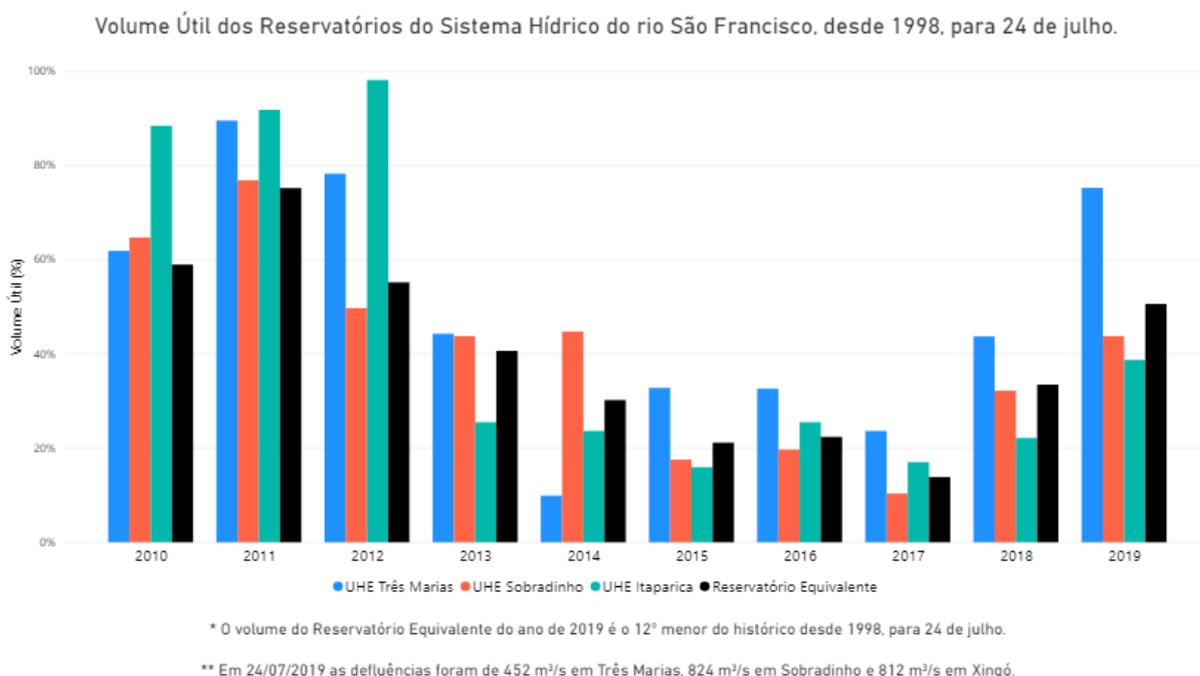


Figura 1: Série histórica de 2010 a 2019 do acúmulo de água nos reservatórios ao longo do rio São Francisco. Fonte: <www.ana.gov.br>.

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).

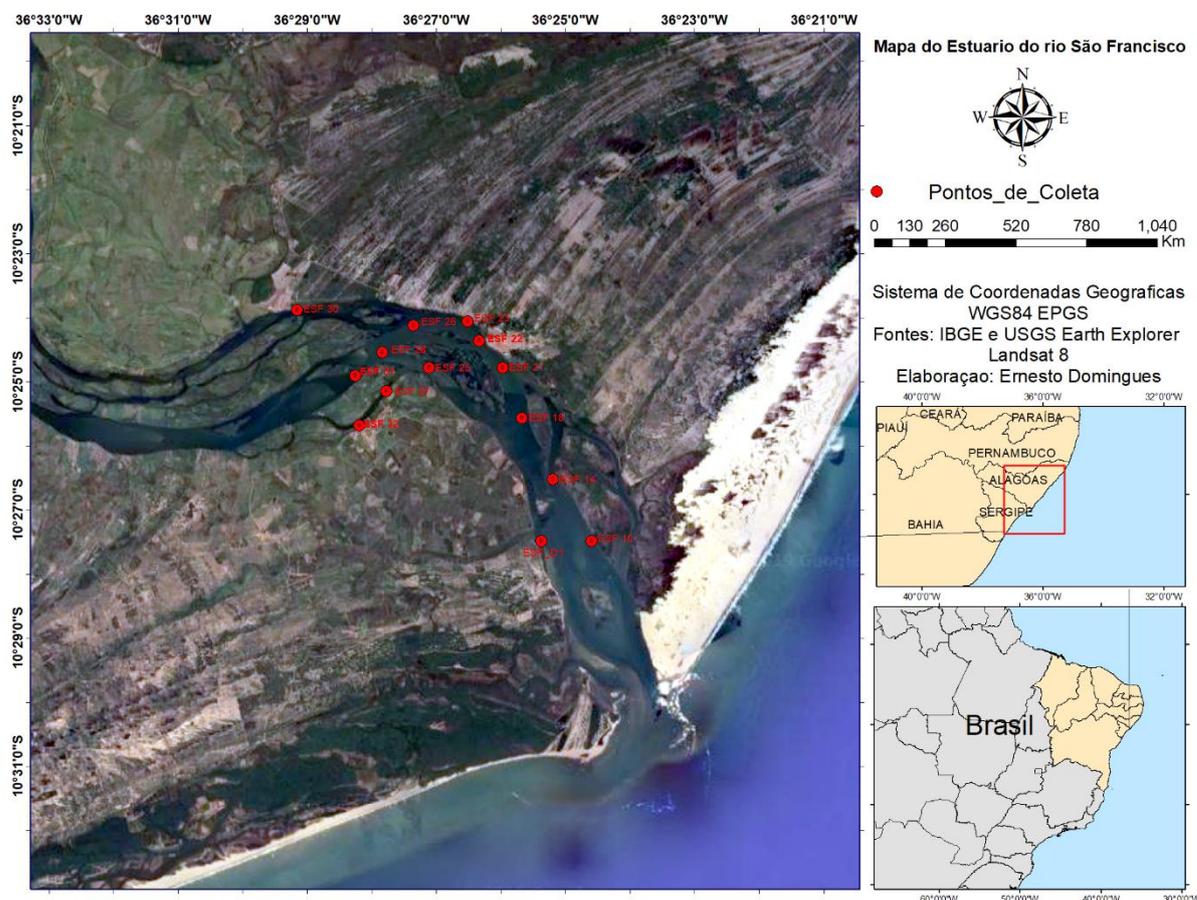


Figura 2: Localização das estações de monitoramento da introdução da cunha salina no trecho inferior do rio São Francisco. A posição das estações está marcada em vermelho.

3 Metodologia

O monitoramento da cunha salina referente ao no mês de Março de 2019 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) e Brejo Grande - SE (Figura 3).



Figura 3: Bomba de captação de água da cidade de Brejo Grande - SE.

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.

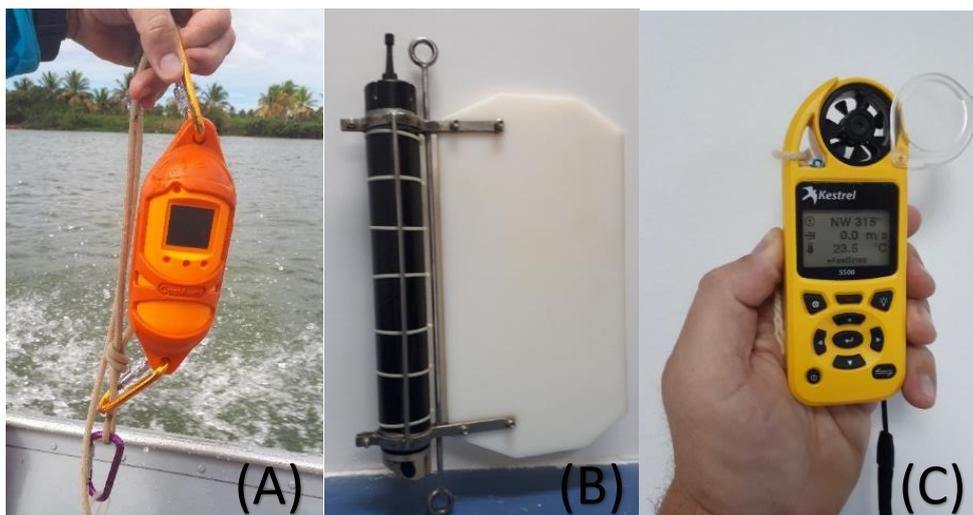


Figura 4: Instrumentos empregados na mensuração das variáveis meteorológicas e hidrológicas: CTD YSI CAsTaway (A), correntômetro Aquadopp Current Meter (B) e mini-estação Kestrel (C).

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

O período analisado no presente relatório, os ventos sopraram predominantemente da direção de 125°, com velocidade média de 3.79 m.s⁻¹. Os ventos mais intensos foram registrados no período de lua nova, apresentando médias de 3.89 m.s⁻¹, enquanto a média da temperatura atmosférica média foi de 30.62°C (tabela 11).

Tabela 2: Dados de altura da maré durante as fases de lua nova (22 e 23/02/2020) e lua cheia (09 e 10/03/2020). Dados relativos ao Terminal Marítimo Inácio Barbosa - SE (DHN).

Campanhas móveis			
Lua	Datas	Hora	Alt. da Maré (m)
Nova	22/02/2020	3:11	2
		09:11	0.4
		15:17	2.1
		21:34	0.2
	23/02/2020	03:47	2
		09:45	0.4
		15:53	2.1
		22:06	0.2
Cheia	09/03/2020	03:28	2.3
		09:34	0.1
		15:45	2.4
		22:00	-0.1
	10/03/2020	04:11	2.3
		10:17	0
		16:28	2.5
		22:45	-0.1

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 nova) do dia 22/02/2020, na foz do Rio São Francisco.

Data	Hora	Estação	Direção (°)	Vel. (m.s ⁻¹)	Temp. ar (°C)
22/02/2020	09:31	ESF_D1	82	2.9	30.2
	09:41	ESF 10	60	2.7	30.4
	09:52	ESF 14	103	4.1	30.4
	10:03	ESF 18	110	3.3	30.5
	10:17	ESF 21	186	3.5	30.8
	10:29	ESF 22	133	2.6	30.9
	10:38	ESF 23	153	2.4	31.2
	10:50	ESF 26	177	2.7	31.2
	11:05	ESF 30	181	4.2	30.2
	11:21	ESF 28	135	4.3	30.2
	11:30	ESF 31	100	4.5	31.6
	11:44	ESF 32	269	2.8	31.7
	11:52	ESF 27	89	0.7	34.7
	12:00	ESF 25	151	5.6	30.5
Média			134	3.1	30.65

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 nova) do dia 22/02/2020, na foz do Rio São Francisco.

Data	Hora	Estação	Direção (°)	Vel. (m.s ⁻¹)	Temp. ar (°C)
22/02/2020	15:31	ESF_D1	122	4.5	30
	15:44	ESF 10	108	3.6	30.3
	15:56	ESF 14	127	3.8	30.1
	16:07	ESF 18	123	4.7	29.9
	16:12	ESF 21	111	3.8	30.2
	16:28	ESF 22	152	6.4	30
	16:39	ESF 23	14	4.8	29.9
	16:51	ESF 26	98	4.5	29.8
	17:08	ESF 30	113	4.4	29.5
	17:25	ESF 28	82	4	29.3
	17:34	ESF 31	130	3.7	29
	17:50	ESF 32	116	0.7	28.9
	17:58	ESF 27	114	0.5	28.8
	18:07	ESF 25	80	3.2	28.6
Média			114	3.9	29.85

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 nova) do dia 23/02/2020 na foz do Rio São Francisco.

Data	Hora	Estação	Direção (°)	Vel. (m.s ⁻¹)	Temp. ar (°C)
23/02/2020	08:55	ESF_D1	49	4.4	30
	09:07	ESF 10	53	5.1	30.3
	09:19	ESF 14	62	4.2	31.2
	09:32	ESF 18	56	1.4	31.4
	09:44	ESF 21	30	2.7	31.5
	09:56	ESF 22	73	2.7	32.5
	10:04	ESF 23	67	3	32.2
	10:16	ESF 26	91	4.5	30.9
	10:23	ESF 30	127	3.4	31.5
	10:48	ESF 28	165	2.6	31.4
	11:00	ESF 31	115	3.5	32.5
	11:16	ESF 32	146	1.5	34.2
	11:24	ESF 27	130	0.8	36.1
	11:32	ESF 25	81	5.4	32.1
Média			77	3.2	31.5

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 nova) do dia 23/02/2020, na foz do Rio São Francisco.

Data	Hora	Estação	Direção (°)	Vel. (m.s ⁻¹)	Temp. ar (°C)
23/02/2020	14:05	ESF_D1	121	4.8	29.8
	14:16	ESF 10	137	5.2	29.8
	14:25	ESF 14	139	5.5	30.1
	14:35	ESF 18	129	7.4	29.7
	14:44	ESF 21	107	5.7	30.2
	14:53	ESF 22	153	7.6	29.8
	15:01	ESF 23	129	6.2	30.3
	15:11	ESF 26	109	6.1	30.4
	15:25	ESF 30	113	5.6	30.8
	15:49	ESF 28	140	6.4	30.3
	15:57	ESF 31	155	3.8	30.7
	16:11	ESF 32	91	3.1	30.9
	16:20	ESF 27	120	0.7	32.2
	16:25	ESF 25	125	5.9	30
Média			127	5.65	30.25

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 cheia) do dia 09/03/2020, na foz do Rio São Francisco.

Data	Hora	Estação	Direção (°)	Vel. (m.s ⁻¹)	Temp. ar (°C)
09/03/2020	08:33	ESF_D1	110	34	29.6
	08:47	ESF 10	90	2.9	30.3
	09:03	ESF 14	106	3.5	30.3
	09:16	ESF 18	110	2.4	30.5
	09:28	ESF 21	130	3.8	30.2
	09:41	ESF 22	135	2.9	30.4
	09:50	ESF 23	164	3.2	30.5
	10:02	ESF 26	150	4.7	30.8
	10:22	ESF 30	140	4.6	30.1
	10:39	ESF 28	145	6	30.2
	10:50	ESF 31	100	4.7	30
	11:07	ESF 32	87	1.1	32.9
	11:15	ESF 27	67	3.2	30.9
	11:24	ESF 25	150	3.3	30.8
Média			120	3.4	30.35

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 cheia) do dia 09/02/2020, na foz do Rio São Francisco.

Data	Hora	Estação	Direção (°)	Vel. (m.s ⁻¹)	Temp. ar (°C)
09/03/2020	14:39	ESF_D1	120	3.2	30.1
	14:48	ESF 10	109	2.5	30.1
	15:00	ESF 14	124	5.5	29.8
	15:10	ESF 18	129	3.2	30.5
	15:20	ESF 21	133	5	30
	15:29	ESF 22	130	3.9	30.5
	15:38	ESF 23	110	4.1	30.6
	15:47	ESF 26	125	4.3	30.3
	16:05	ESF 30	112	5.4	29.9
	16:23	ESF 28	105	5.2	29.8
	16:32	ESF 31	110	5.7	29.6
	16:47	ESF 32	97	2.4	29.8
	16:57	ESF 27	90	1.2	30.4
	17:05	ESF 25	133	4.2	29.5
Média			116	4.15	30.05

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 cheia) do dia 10/03/2020, na foz do Rio São Francisco.

Data	Hora	Estação	Direção (°)	Vel. (m.s ⁻¹)	Temp. ar (°C)
10/03/2020	08:07	ESF_D1	295	0.6	30.2
	08:19	ESF 10	296	0.9	30.5
	08:35	ESF 14	266	1.4	30
	08:49	ESF 18	193	2.8	29.6
	09:02	ESF 21	167	3.8	30.1
	09:13	ESF 22	148	3.3	30.4
	09:25	ESF 23	172	5.1	29.8
	09:40	ESF 26	183	4	30
	10:00	ESF 30	120	3	30.6
	10:17	ESF 28	202	5.6	29.7
	10:29	ESF 31	160	3.5	30.4
	10:47	ESF 32	81	1.2	33
	10:56	ESF 27	72	1.1	33.2
	11:05	ESF 25	163	6.1	30.1
Média			170	3.15	30.2

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 cheia) do dia 10/03/2020, na foz do Rio São Francisco.

Data	Hora	Estação	Direção (°)	Vel. (m.s ⁻¹)	Temp. ar (°C)
10/03/2020	13:40	ESF_D1	112	4	30.3
	13:52	ESF 10	129	4.5	29.9
	14:08	ESF 14	124	5	29.9
	14:20	ESF 18	138	4.2	30.6
	14:30	ESF 21	133	4.9	30.5
	14:39	ESF 22	157	6.2	30.3
	14:46	ESF 23	142	4.5	30.3
	14:56	ESF 26	147	4.7	30.6
	15:11	ESF 30	124	4.7	30.9
	15:30	ESF 28	118	4.4	31.1
	15:38	ESF 31	104	3.8	31.1
	15:53	ESF 32	113	2.4	31.5
	16:02	ESF 27	107	0.5	33.6
	16:12	ESF 25	133	5.1	30.2
Média			127	4.5	30.6

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, 0,4; 0,2; 2,1 e 2,1 m na lua nova, e aqueles de lua cheia, de 0,1; -0,1; 2,4 e 2,5 m (**Tabela 2**).

Na fase de lua nova, a direção predominante do vento foi leste (125°), com velocidade média de 3,8 m.s⁻¹ e temperatura média do ar de 30,6°C (29 a 34,8°C) (Tabela 11). Na fase de lua cheia, o vento apresentou direção predominante sudeste (135,9°), com velocidade média de 3,7 m.s⁻¹ e temperatura média do ar de 30,5°C (29,5a 33,6°C) (tabela 11).

Tabela 11: Médias gerais dos dados de vento para as medições referentes às luas nova e cheia do mês de Março 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 Nova	14.00	114.86	269.00	0.50	3.89	7.60	28.60	30.74	36.10
Lua Cheia	67.00	135.89	296.00	0.50	3.69	6.20	29.50	30.49	33.60
Média	40.50	125.38	282.50	0.50	3.79	6.90	29.05	30.62	34.85

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 nova e cheia. A variação espacial dos valores da velocidade média e direção média da água na coluna consta nas Figuras 5 a 12.

Na fase de lua nova, a velocidade da coluna d'água apresentou média de $0,6 \text{ m.s}^{-1}$, a estação amostral que apresentou a maior intensidade de corrente foi a estação ESF 14, no dia 09 de Março velocidade de 1.013 m.s^{-1} , foi registrada no período de baixamar. Nas duas luas, a direção da corrente na baixamar estiveram predominantes no quadrante entre sudeste- sudoeste ($147 - 202^\circ$), 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 0.44 m.s^{-1} , já na baixamar a média foi de 0.62 m.s^{-1} .

Campanhas móveis realizadas nos dias 22 e 23 de fevereiro 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 22/02/2020, na foz do Rio São Francisco.

Data	Hora	Estação	Vel.(m.s ⁻¹)	Direção (°)
22/02/2020	09:31	ESF_D1	0.669	187
	09:41	ESF 10	0.447	200
	09:52	ESF 14	0.541	192
	10:03	ESF 18	0.599	190
	10:17	ESF 21	0.708	162
	10:29	ESF 22	0.537	160
	10:38	ESF 23	0.374	136
	10:50	ESF 26	0.432	93
	11:05	ESF 30	0.532	105
	11:21	ESF 28	0.448	67
	11:30	ESF 31	0.411	69
	11:44	ESF 32	0.323	77
	11:52	ESF 27	0.219	62
	12:00	ESF 25	0.091	172

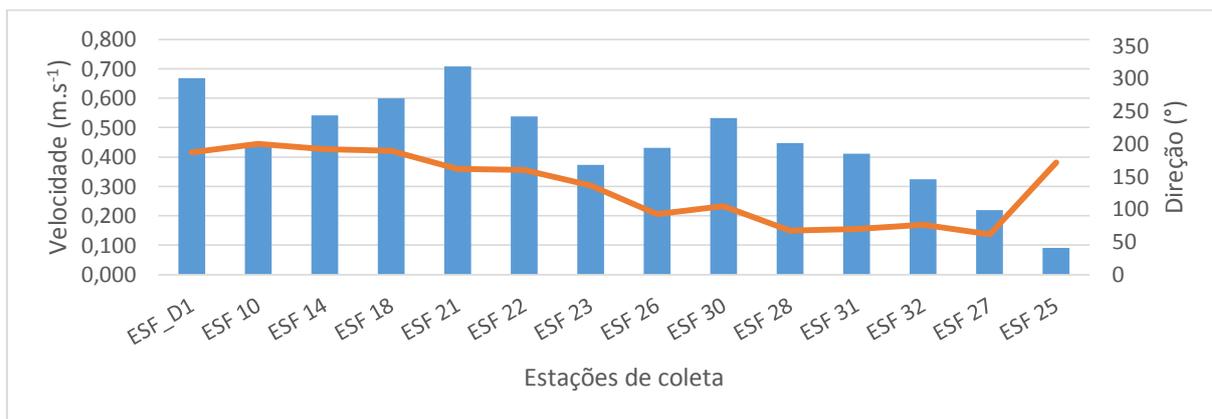


Figura 5: Variação média da velocidade (barras azuis) e da direção (linha laranja) das correntes na coluna entre pelas estações de amostragem da cunha salina da foz do Rio São Francisco, durante a baixamar da maré de sizígia (lua nova) do dia 22/02/2020.

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 22/02/2020, na foz do Rio São Francisco.

Data	Hora	Estação	Vel.(m.s ⁻¹)	Direção (°)
22/02/2020	15:31	ESF_D1	0.468	98
	15:44	ESF 10	0.420	177
	15:56	ESF 14	0.300	192
	16:07	ESF 18	0.307	111
	16:12	ESF 21	0.292	272
	16:28	ESF 22	0.361	335
	16:39	ESF 23	0.204	321
	16:51	ESF 26	0.117	282
	17:08	ESF 30	0.132	87
	17:25	ESF 28	0.168	80
	17:34	ESF 31	0.254	83
	17:50	ESF 32	0.284	76
	17:58	ESF 27	0.382	56
	18:07	ESF 25	0.597	136

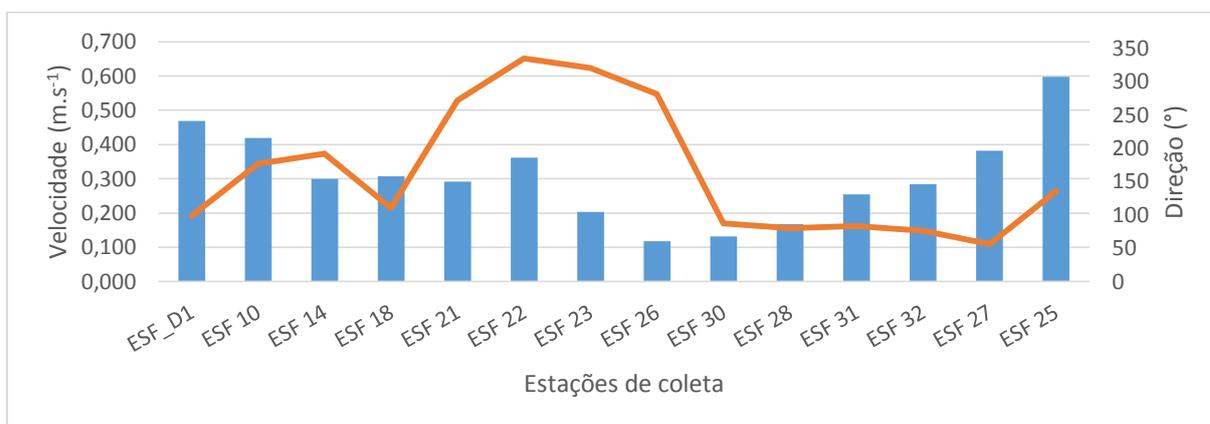


Figura 6: Variação média da velocidade (barras azuis) e da direção (linha laranja) das correntes na coluna entre pelas estações de amostragem da cunha salina da foz do Rio São Francisco, durante preamar da maré de sizígia (lua nova) do dia 22/02/2020.

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 23/02/2020, na foz do Rio São Francisco.

Data	Hora	Estação	Vel.(m.s ⁻¹)	Direção (°)
23/02/2020	08:55	ESF_D1	0.490	154
	09:07	ESF 10	0.524	175
	09:19	ESF 14	0.647	186
	09:32	ESF 18	0.694	190
	09:44	ESF 21	0.625	164
	09:56	ESF 22	0.683	162
	10:04	ESF 23	0.759	140
	10:16	ESF 26	0.643	89
	10:23	ESF 30	0.657	108
	10:48	ESF 28	0.670	70
	11:00	ESF 31	0.635	74
	11:16	ESF 32	0.494	71
	11:24	ESF 27	0.450	55
	11:32	ESF 25	0.297	136

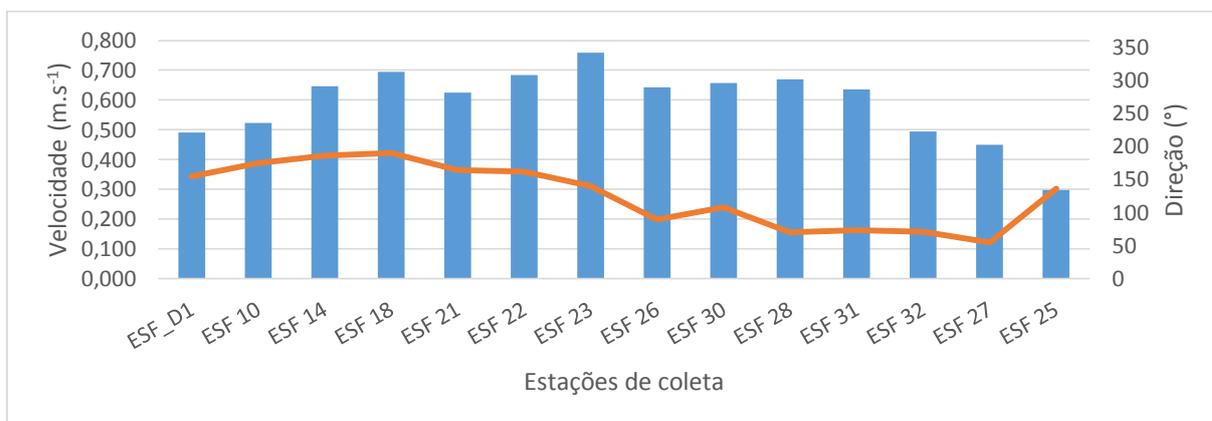


Figura 7: Variação média da velocidade (barras azuis) e da direção (linha laranja) das correntes na coluna entre as estações de amostragem da cunha salina da foz do Rio São Francisco, durante baixamar da maré de sizígia (lua nova) do dia 23/02/2020.

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 23/02/2020, na foz do Rio São Francisco.

Data	Hora	Estação	Vel.(m.s ⁻¹)	Direção (°)
23/02/2020	14:05	ESF_D1	0.464	356
	14:16	ESF 10	0.665	143
	14:25	ESF 14	0.730	77
	14:35	ESF 18	0.537	12
	14:44	ESF 21	0.311	287
	14:53	ESF 22	0.563	339
	15:01	ESF 23	0.446	323
	15:11	ESF 26	0.423	274
	15:25	ESF 30	0.454	285
	15:49	ESF 28	0.318	262
	15:57	ESF 31	0.574	250
	16:11	ESF 32	0.287	253
	16:20	ESF 27	0.290	237
	16:25	ESF 25	0.352	313

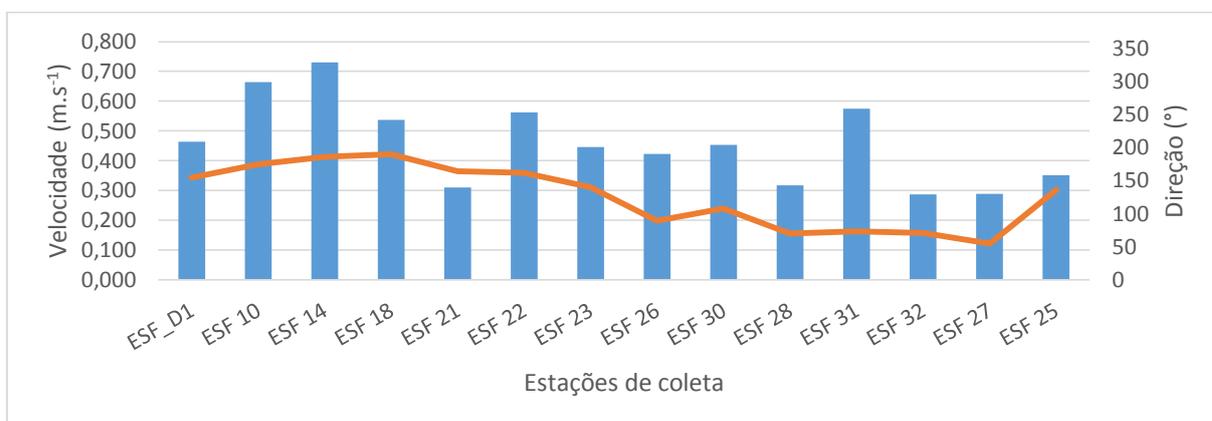


Figura 8: Variação média da velocidade (barras azuis) e da direção (linha laranja) das correntes na coluna entre pelas estações de amostragem da cunha salina da foz do Rio São Francisco, durante a preamar da maré de sizígia (lua cheia) do dia 23/02/2020.

Campanhas móveis realizadas nos dias 09 e 10 de Março 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 09/03/2020, na foz do Rio São Francisco.

Data	Hora	Estação	Vel.(m.s ⁻¹)	Direção (°)
09/03/2020	08:33	ESF_D1	0.800	184
	08:47	ESF 10	0.774	176
	09:03	ESF 14	0.823	187
	09:16	ESF 18	0.817	188
	09:28	ESF 21	0.665	163
	09:41	ESF 22	0.808	163
	09:50	ESF 23	1.002	135
	10:02	ESF 26	0.823	87
	10:22	ESF 30	0.689	109
	10:39	ESF 28	0.725	66
	10:50	ESF 31	0.719	88
	11:07	ESF 32	0.622	77
	11:15	ESF 27	0.568	57
	11:24	ESF 25	0.448	137

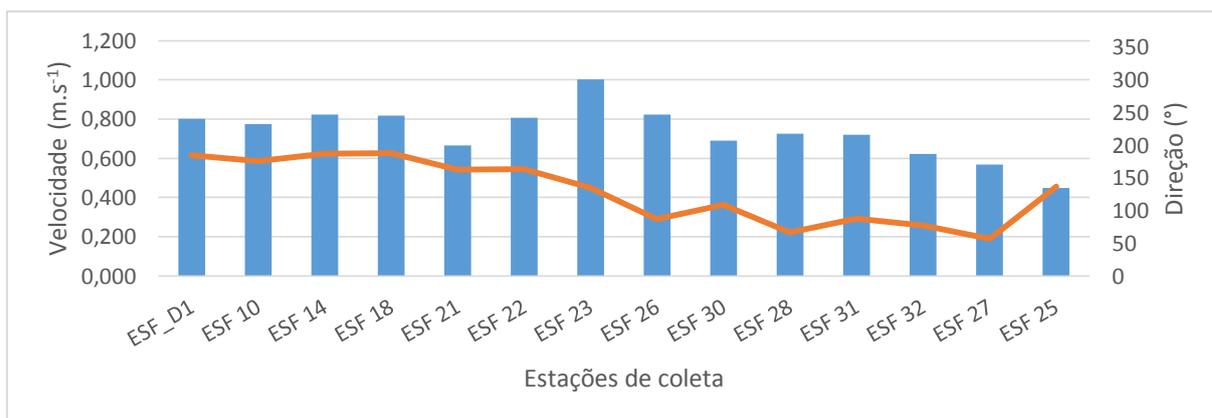


Figura 9: Variação média da velocidade (barras azuis) e da direção (linha laranja) das correntes na coluna entre pelas estações de amostragem da cunha salina da foz do Rio São Francisco, durante a baixamar da maré de sizígia (lua cheia) do dia 09/03/2020.

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 09/03/2020, na foz do Rio São Francisco.

Data	Hora	Estação	Vel.(m.s ⁻¹)	Direção (°)
09/03/2020	14:39	ESF_D1	0.612	346
	14:48	ESF 10	0.703	348
	15:00	ESF 14	1.013	344
	15:10	ESF 18	0.576	106
	15:20	ESF 21	0.321	282
	15;29	ESF 22	0.873	339
	15:38	ESF 23	0.451	326
	15:47	ESF 26	0.482	273
	16:05	ESF 30	0.488	288
	16:23	ESF 28	0.261	263
	16:32	ESF 31	0.531	247
	16:47	ESF 32	0.207	255
	16:57	ESF 27	0.191	235
	17:05	ESF 25	0.177	311

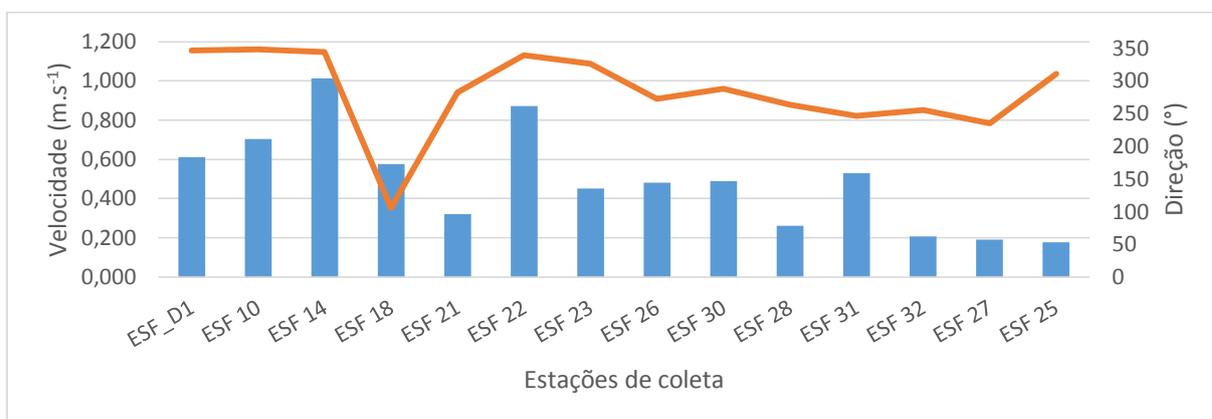


Figura 10: Variação média da velocidade (barras azuis) e da direção (linha laranja) das correntes na coluna entre pelas estações de amostragem da cunha salina da foz do Rio São Francisco, durante a preamar da maré de sizígia (lua nova) do dia 09/03/2020.

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 cheia) do dia 10/03/2020, na foz do Rio São Francisco.

Data	Hora	Estação	Vel.(m.s ⁻¹)	Direção (°)
10/03/2020	08:07	ESF_D1	0.800	184
	08:19	ESF 10	0.774	176
	08:35	ESF 14	0.846	183
	08:49	ESF 18	0.742	185
	09:02	ESF 21	0.603	157
	09:13	ESF 22	0.732	169
	09:25	ESF 23	0.984	142
	09:40	ESF 26	0.726	91
	10:00	ESF 30	0.724	111
	10:17	ESF 28	0.647	67
	10:29	ESF 31	0.644	79
	10:47	ESF 32	0.628	77
	10:56	ESF 27	0.554	63
	11:05	ESF 25	0.499	140

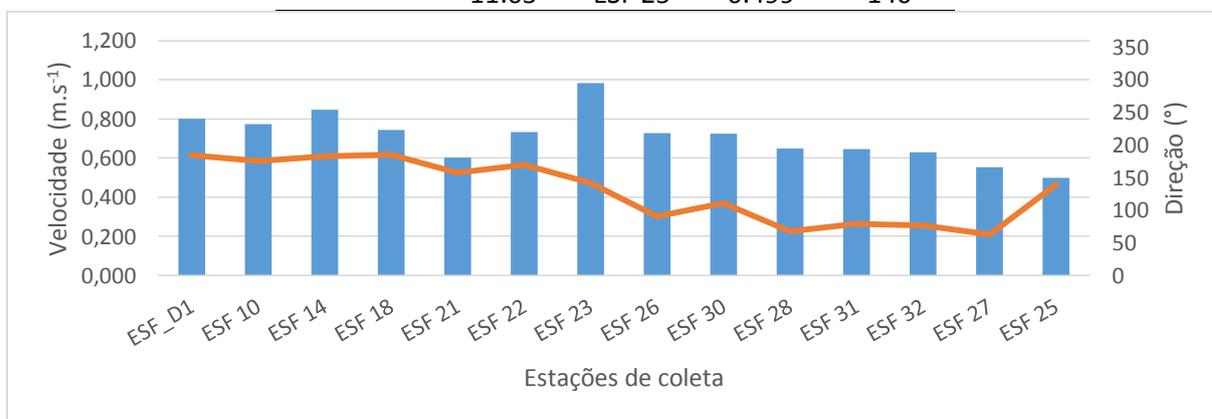


Figura 11: Variação média da velocidade (barras azuis) e da direção (linha laranja) das correntes na coluna entre pelas estações de amostragem da cunha salina da foz do Rio São Francisco, durante a baixamar da maré de sizígia (lua cheia) do dia 10/03/2020.

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 cheia) do dia 10/03/2020, na foz do Rio São Francisco.

Data	Hora	Estação	Vel.(m.s ⁻¹)	Direção (°)
10/03/2020	13:40	ESF_D1	0.359	350
	13:52	ESF 10	0.538	315
	14:08	ESF 14	0.529	353
	14:20	ESF 18	0.447	46
	14:30	ESF 21	0.493	345
	14:39	ESF 22	0.671	335
	14:46	ESF 23	0.421	321
	14:56	ESF 26	0.449	276
	15:11	ESF 30	0.552	290
	15:30	ESF 28	0.352	259
	15:38	ESF 31	0.545	250
	15:53	ESF 32	0.368	260
	16:02	ESF 27	0.462	233
	16:12	ESF 25	0.593	317

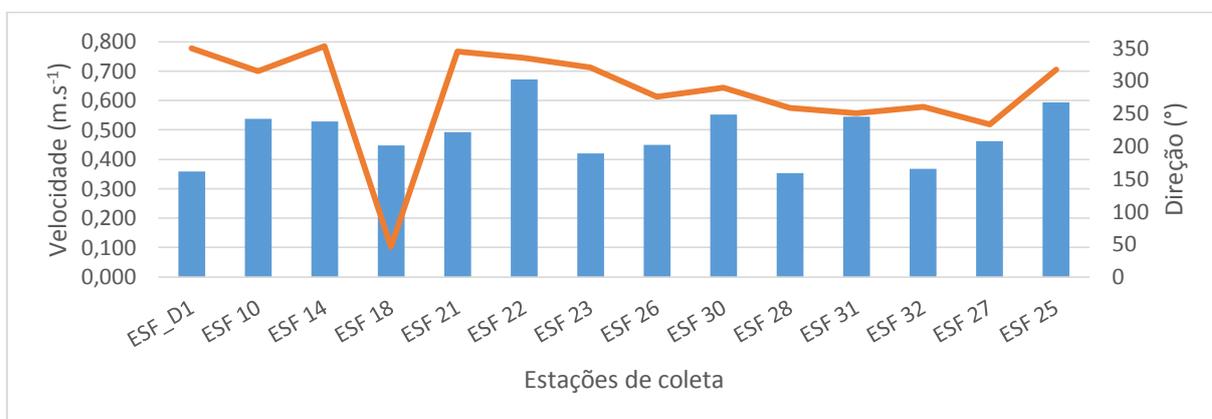


Figura 12: Variação média da velocidade (barras azuis) e da direção (linha laranja) das correntes na coluna entre as estações de amostragem da cunha salina da foz do Rio São Francisco, durante a preamar da maré de sizígia (lua cheia) do dia 10/03/2020.

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 Março de 2019. 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 Março de 2019, 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 21 (distante 12,2 km da foz), como pode se ver na figura 13 a qual representa a coleta realizada no dia 229 de Fevereiro de 2020. Foram registrados picos de salinidade superiores a 36 PSU entre as estações ESF D1 e ESF14 (6,1 e 7,54 km da foz, respectivamente) em todos os registros das campanhas móveis. Nos períodos de preamar o pico de salinidade esteve distribuído por quase toda coluna d'água nas coletas realizadas nos períodos de preamar (Figura 14, 16 e 18) nos períodos de baixamar a cunha esteve presente de forma mais espalhada e distribuída no fundo da coluna d'água (figuras 13, 15 e 17). 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 22 e 23 de Fevereiro de 2020.

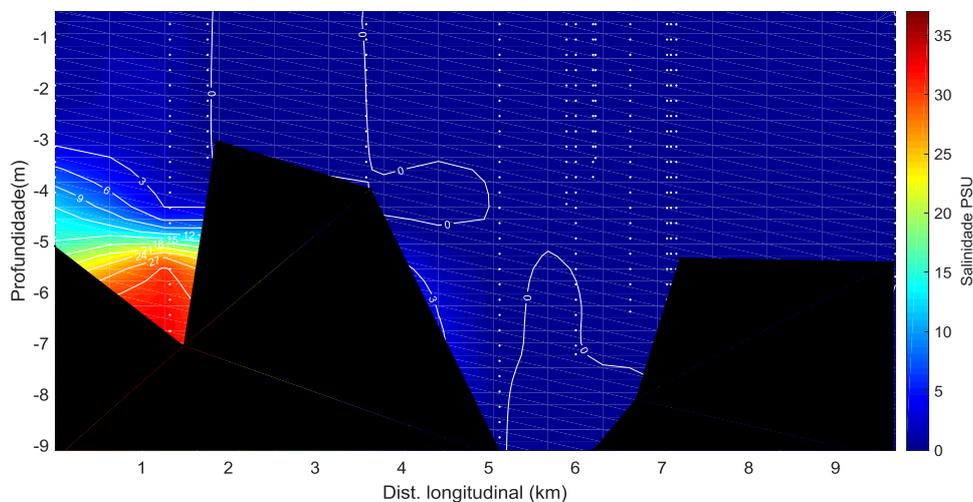


Figura 13: Distribuição longitudinal da salinidade na foz do rio São Francisco, variando da estação ESF 10 (ponto mais próximo à foz) à ESF 30 (ponto mais distante da foz), no período de baixamar do dia 22 de Fevereiro de 2020. Os pontos brancos indicam a localização longitudinal de cada perfil.

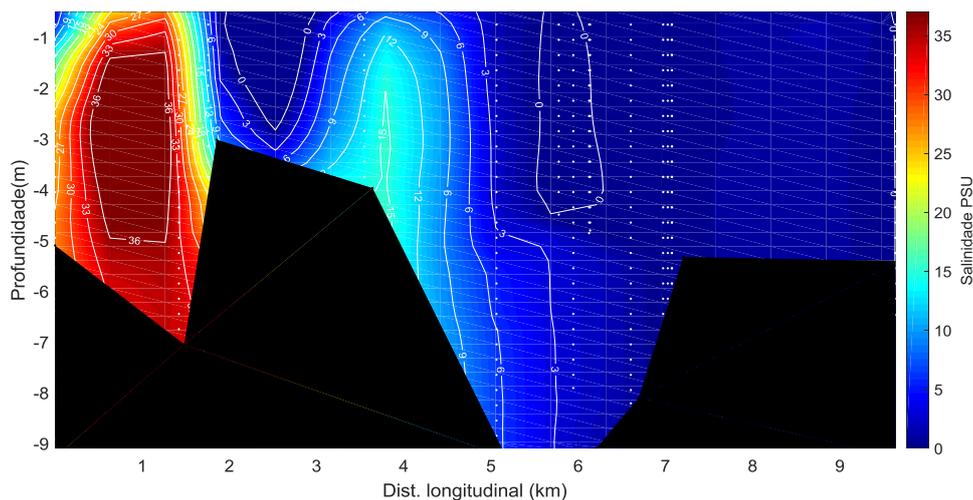


Figura 14: Distribuição longitudinal da salinidade na foz do rio São Francisco, variando da estação ESF 10 (ponto mais próximo à foz) à ESF 30 (ponto mais distante da foz), no período de preamar do dia 22 de Fevereiro de 2020. Os pontos brancos indicam a localização longitudinal de cada perfil.

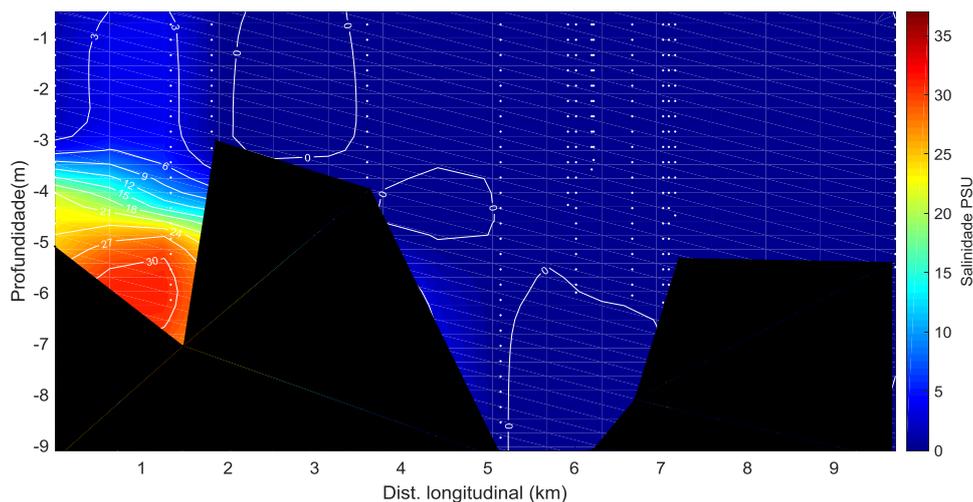


Figura 15: Distribuição longitudinal da salinidade na foz do rio São Francisco, variando da estação ESF 10 (ponto mais próximo à foz) à ESF 30 (ponto mais distante da foz), no período de baixamar do dia 23 de Fevereiro de 2020. Os pontos brancos indicam a localização longitudinal de cada perfil.

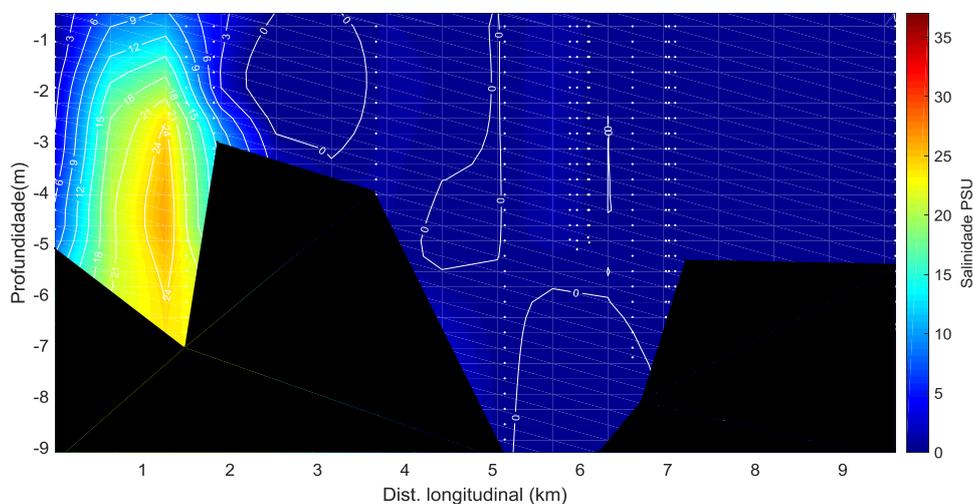


Figura 16: Distribuição longitudinal da salinidade na foz do rio São Francisco, variando da estação ESF 10 (ponto mais próximo à foz) à ESF 30 (ponto mais distante da foz), no período de preamar do dia 23 de Fevereiro de 2020. Os pontos brancos indicam a localização longitudinal de cada perfil.

Baixamar e preamar dos dias 09 e 10 de Março de 2019.

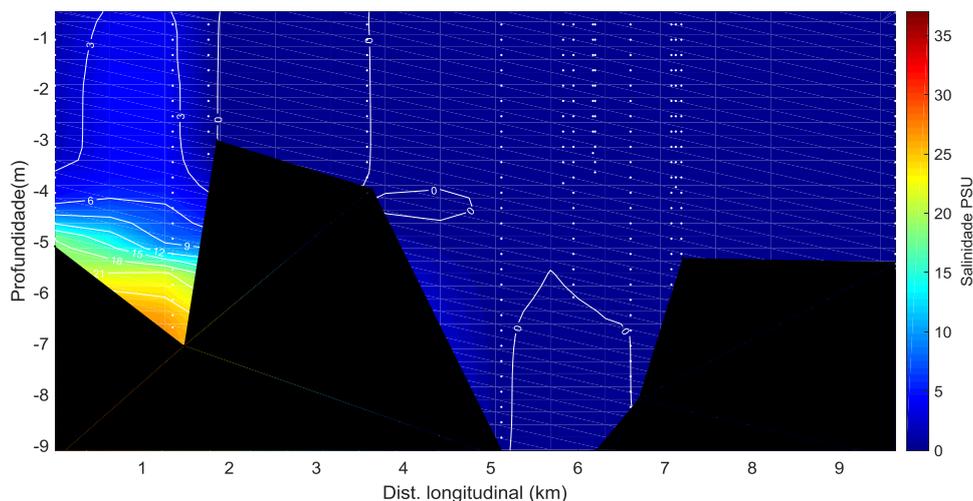


Figura 17: Distribuição longitudinal da salinidade na foz do rio São Francisco, variando da estação ESF 10 (ponto mais próximo à foz) à ESF 30 (ponto mais distante da foz), no período de baixamar do dia 09 de Março de 2020. Os pontos brancos indicam a localização longitudinal de cada perfil.

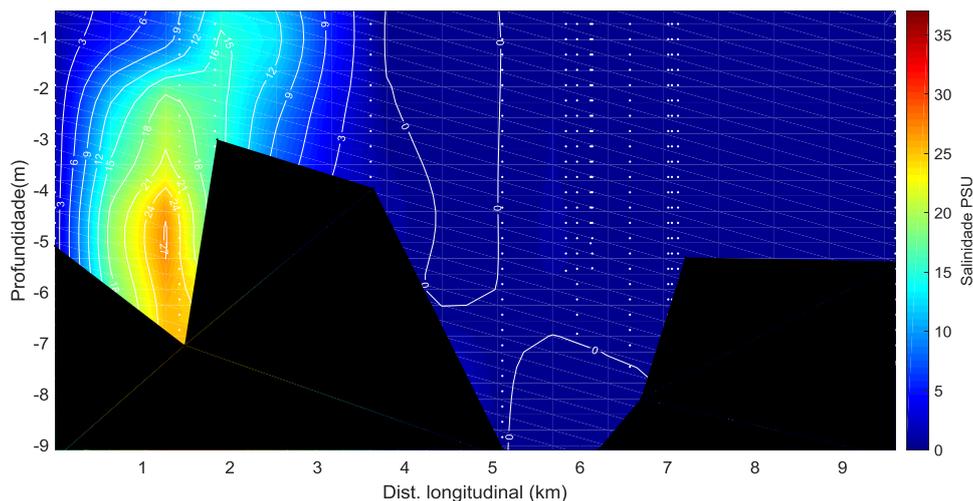


Figura 18: Distribuição longitudinal da salinidade na foz do rio São Francisco, variando da estação ESF 10 (ponto mais próximo à foz) à ESF 30 (ponto mais distante da foz), no período de preamar do dia 09 de Março de 2020. Os pontos brancos indicam a localização longitudinal de cada perfil.

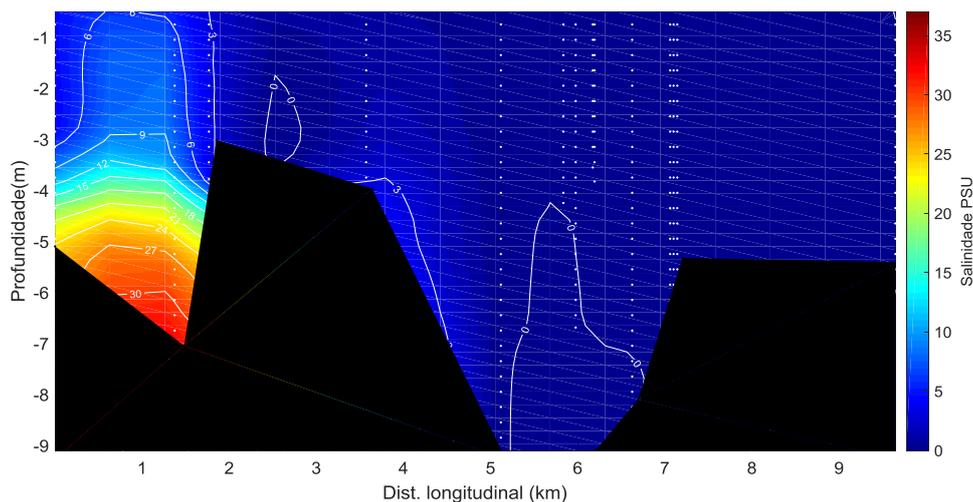


Figura 19: Distribuição longitudinal da salinidade na foz do rio São Francisco, variando da estação ESF 10 (ponto mais próximo à foz) à ESF 30 (ponto mais distante da foz), no período de baixamar do dia 10 de Março de 2020. Os pontos brancos indicam a localização longitudinal de cada perfil.

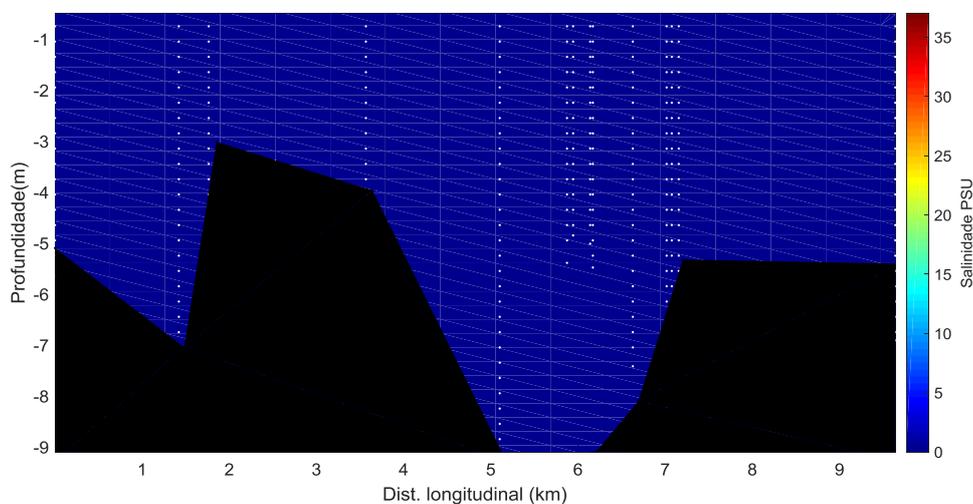


Figura 20: Distribuição longitudinal da salinidade na foz do rio São Francisco, variando da estação ESF 10 (ponto mais próximo à foz) à ESF 30 (ponto mais distante da foz), no período de preamar do dia 10 de Março de 2020. Os pontos brancos indicam a localização longitudinal de cada perfil.

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 Março de 2020, a temperatura registrada nas coletas estiveram predominantemente em torno de 30°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 entre 30°C, foram registradas na região próximo ao ponto ESF 26 e próximo à foz (Figura 21). De maneira geral a 30°C, como mostram as (Figuras 21 a 26).

Baixamar e preamar dos dias 22 e 23 de Fevereiro de 2020

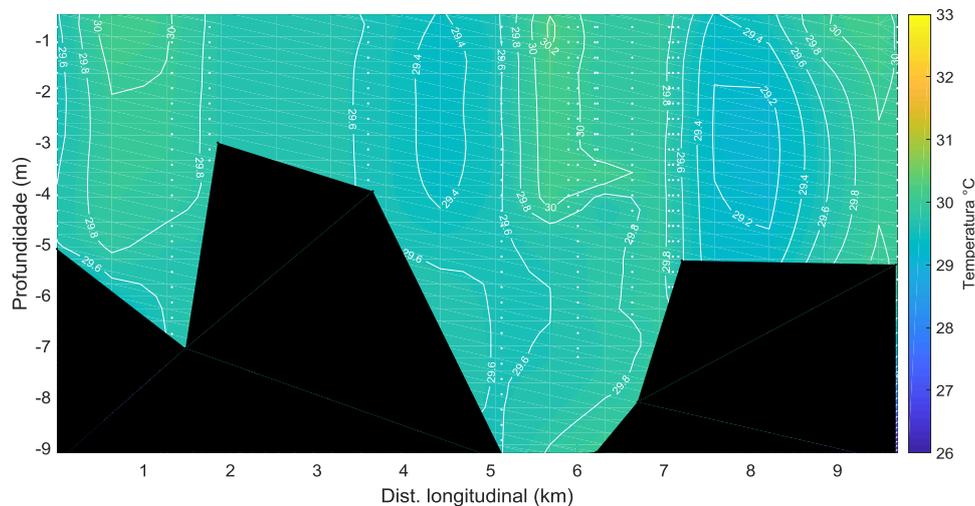


Figura 21: Distribuição longitudinal da temperatura da água na foz do rio São Francisco, variando da estação ESF 10 (ponto mais próximo à foz) à estação ESF 30 (ponto mais distante da foz,) no período de baixamar do dia 22 Fevereiro de 2020. Os pontos brancos indicam a localização longitudinal de cada perfil.

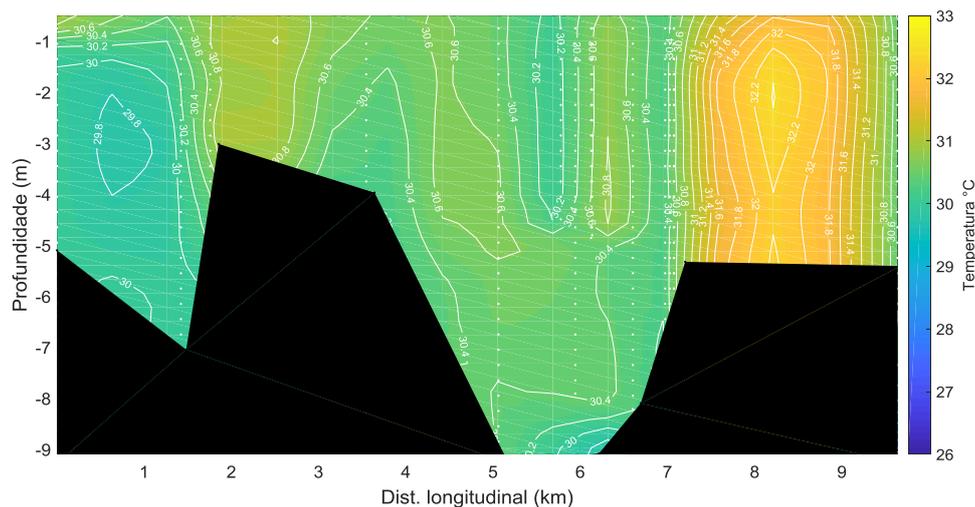


Figura 22: Distribuição longitudinal da temperatura da água na foz do rio São Francisco, variando da estação ESF 10 (ponto mais próximo à foz) à estação ESF 30 (ponto mais distante da foz,) no período de preamar do dia 22 de Fevereiro de 2020. Os pontos brancos indicam a localização longitudinal de cada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

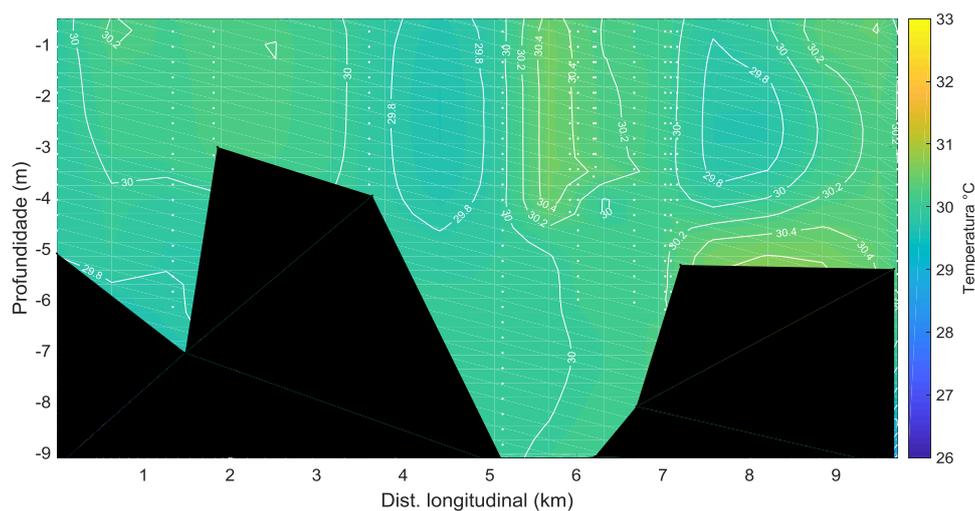


Figura 23: Distribuição longitudinal da temperatura da água na foz do rio São Francisco, variando da estação ESF 10 (ponto mais próximo à foz) à estação ESF 30 (ponto mais distante da foz,) no período de baixamar do dia 23 de Fevereiro de 2020. Os pontos brancos indicam a localização longitudinal de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

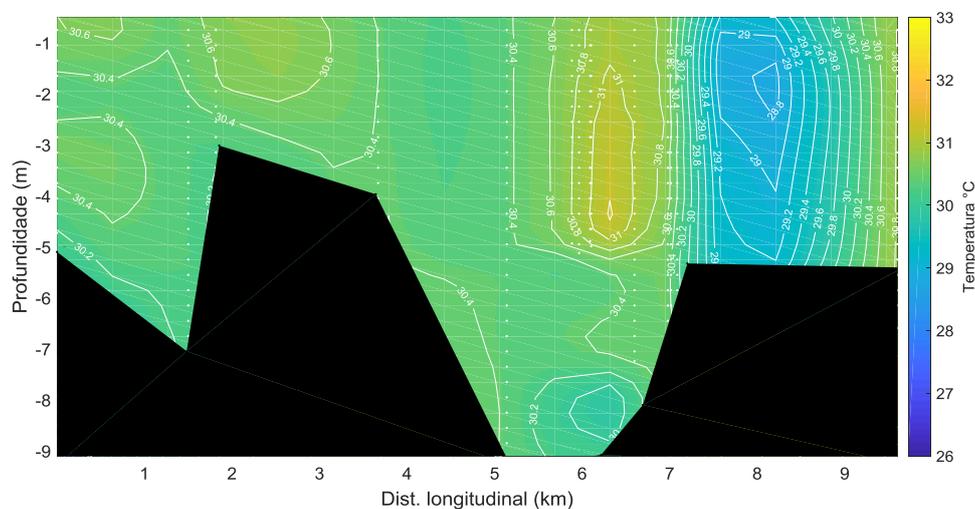


Figura 24: Distribuição longitudinal da temperatura da água na foz do rio São Francisco, variando da estação ESF 10 (ponto mais próximo à foz) à estação ESF 30 (ponto mais distante da foz,) no período de preamar do dia 23 de Fevereiro de 2020. Os pontos brancos indicam a localização longitudinal de cada perfil.

Baixamar e preamar dos dias 11 e 12 de Março de 2020.

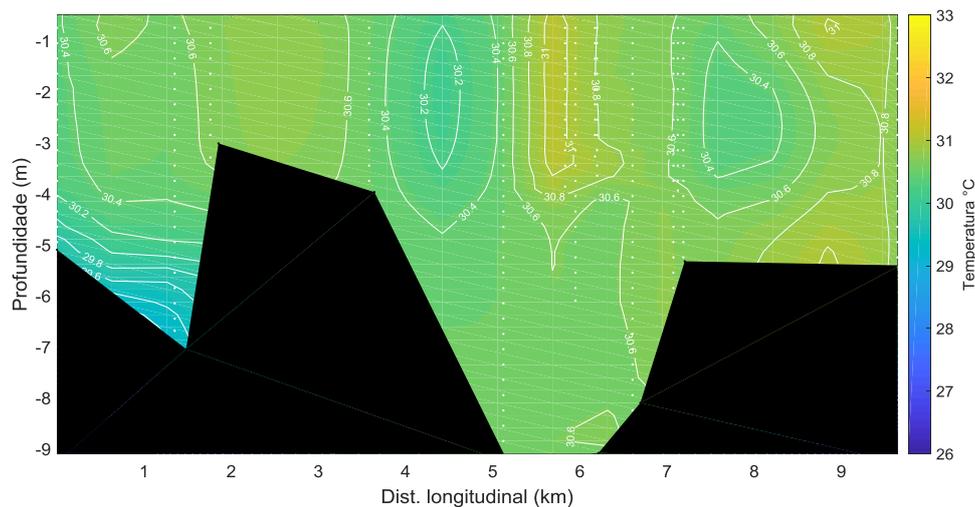


Figura 25: Distribuição longitudinal da temperatura da água na foz do rio São Francisco, variando da estação ESF 10 (ponto mais próximo à foz) à estação ESF 30 (ponto mais distante da foz,) no período de baixamar do dia 11 de Março de 2020. Os pontos brancos indicam a localização longitudinal de cada perfil.

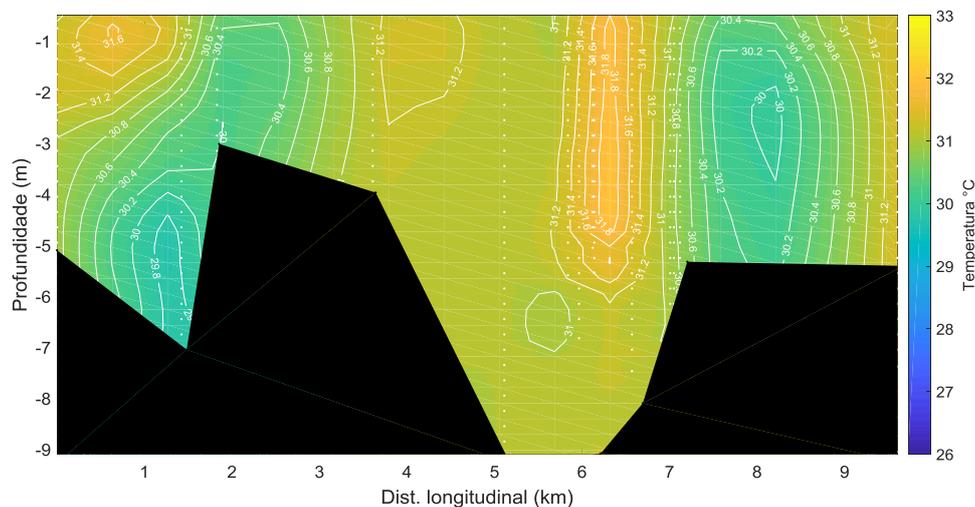


Figura 26: Distribuição longitudinal da temperatura da água na foz do rio São Francisco, variando da estação ESF 10 (ponto mais próximo à foz) à estação ESF 30 (ponto mais distante da foz,) no período de preamar do dia 11 de Março de 2020. Os pontos brancos indicam a localização longitudinal de cada perfil.

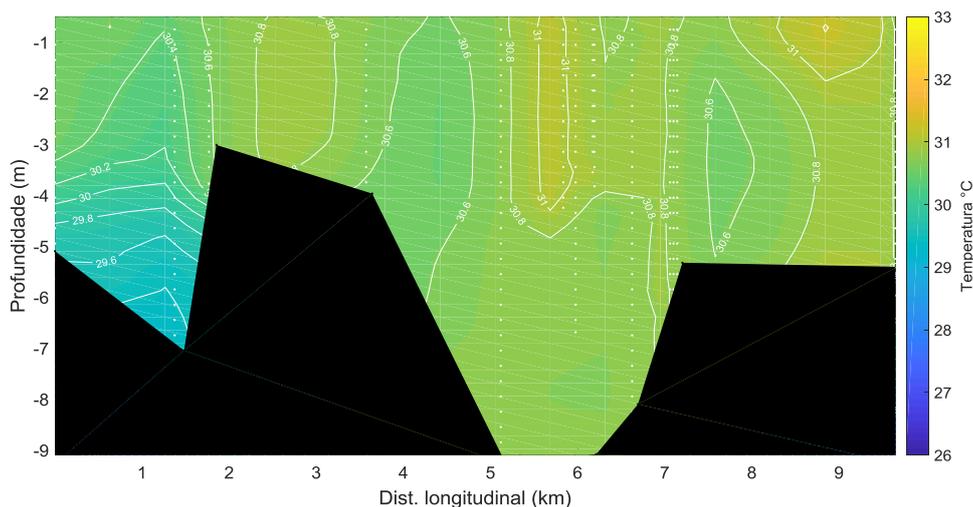


Figura 27: Distribuição longitudinal da temperatura da água na foz do rio São Francisco, variando da estação ESF 10 (ponto mais próximo à foz) à estação ESF 30 (ponto mais distante da foz,) no período de baixamar do dia 12 de Março de 2020. Os pontos brancos indicam a localização longitudinal de cada perfil.

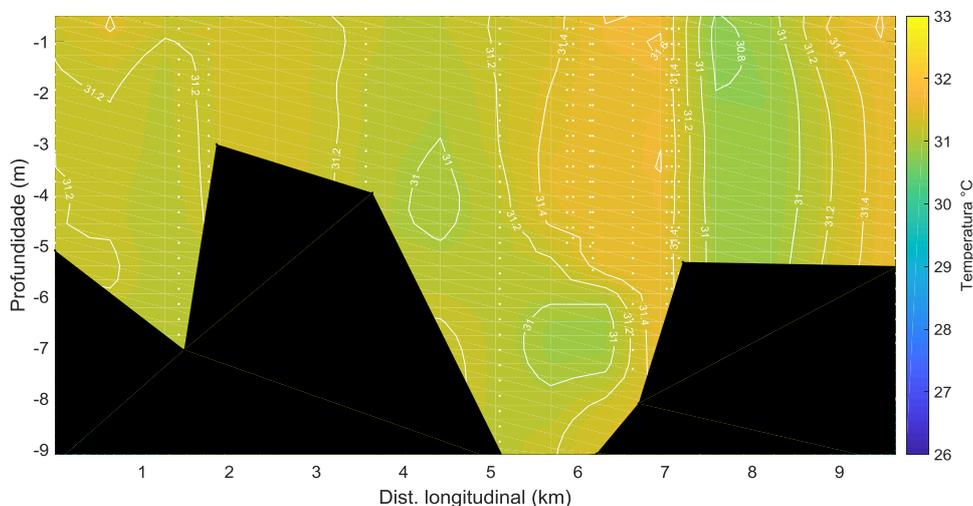


Figura 28: Distribuição longitudinal da temperatura da água na foz do rio São Francisco, variando da estação ESF 10 (ponto mais próximo à foz) à estação ESF 30 (ponto mais distante da foz,) no período de preamar do dia 12 de Março de 2020. Os pontos brancos indicam a localização longitudinal de cada 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 11 de Março 2020, quando atingiu $0,96 \text{ m.s}^{-1}$. 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 ocorrem 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, eventos que 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. Ocorre, ainda, influencia de forma negativa nos procedimentos de coleta, quando ao navegar pelo rio se tornam comuns os engalhes de plantas na hélice da embarcação de coleta, assim como, o desprendimento da âncora do barco durante as coletas fixas.

Dados hidrodinâmicos

Campanhas fixas realizadas nos dias 21 e 24 de Fevereiro de 2020

Tabela 20: 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 –SE, no dia 21 de Fevereiro de 2020.

Data	Hora	Vel.(m.s ⁻¹)	Direção (°)
21/02/2020	04:57	0.395	95
	06:00	0.734	101
	07:00	0.761	100
	08:00	0.804	99
	09:00	0.782	100
	10:00	0.709	101
	11:00	0.363	104
	12:00	0.138	262
	13:00	0.547	286
	14:00	0.540	287
	15:00	0.397	290
	16:00	0.149	275
	17:00	0.223	113

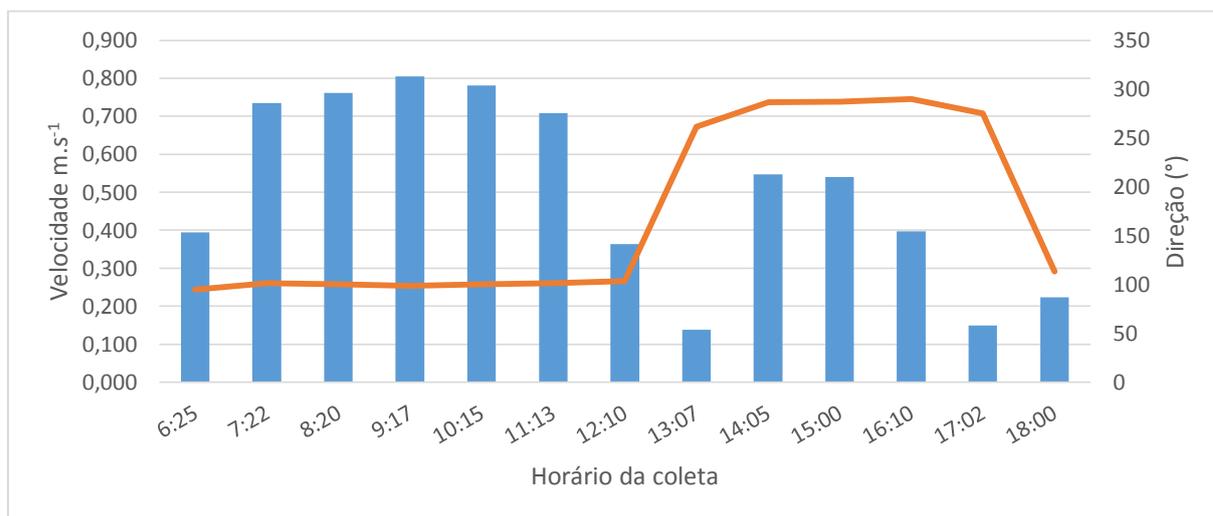


Figura 29: Dados hidrodinâmicos coletados durante a campanha fixa em Brejo Grande no dia 21 de Fevereiro de 2020. As barras azuis representam a velocidade da corrente e a linha laranja a direção.

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 Piaçabuçu-AL (Penedinho, ESF30) no dia 23 e 24 de Fevereiro de 2020

Data	Hora	Vel.(m.s ⁻¹)	Direção (°)
23-24/02/2020	18:29	0.567	74
	19:26	0.750	75
	20:23	0.765	73
	09:20	0.783	79
	22:17	0.754	79
	23:14	0.733	77
	00:11	0.615	78
	01:08	0.246	79
	02:05	0.226	250
	03:02	0.343	260
	04:03	0.337	259
	05:09	0.257	261
	06:00	0.094	256

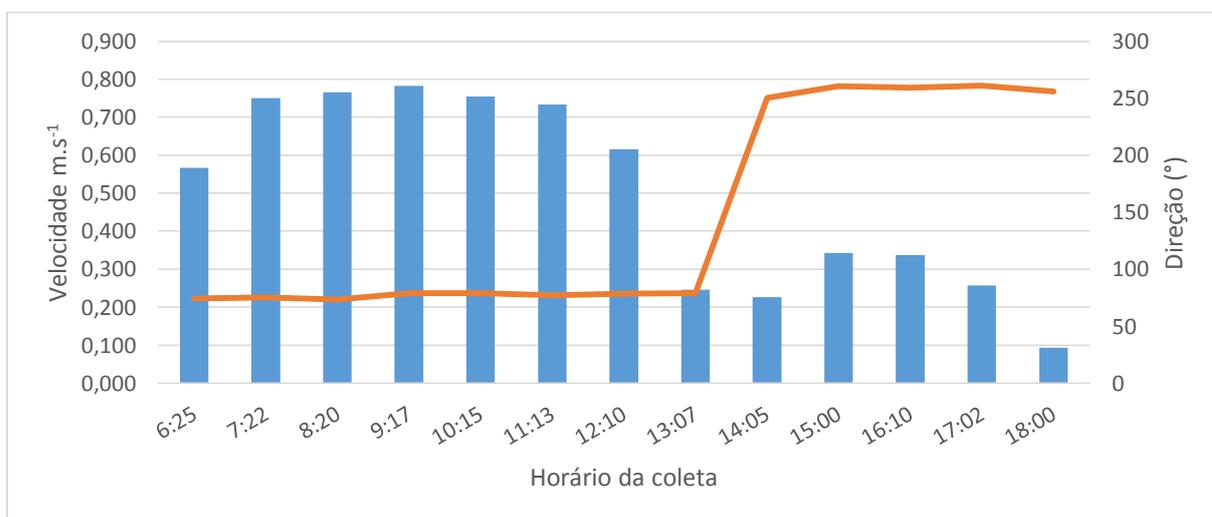


Figura 30: Dados hidrodinâmicos coletados durante a campanha fixa na bomba de captação de água da cidade de Piaçabuçu-AL (Penedinho, ESF 30), no dia 23-24/12/2019. As barras azuis representam a velocidade da corrente e a linha laranja a direção.

Campanhas fixas realizadas nos dias 11 e 12 de Março 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 de Piaçabuçu-AL (Penedinho, ESF30), no dia 11 de Março 2020.

Data	Hora	Vel.(m.s ⁻¹)	Direção (°)
11/03/2020	06:25	0.063	242
	07:22	0.513	105
	08:20	0.961	100
	09:17	0.832	117
	10:15	0.826	104
	11:13	0.887	105
	12:10	0.834	103
	13:07	0.675	102
	14:05	0.112	121
	15:00	0.599	281
	16:10	0.690	283
	17:02	0.668	282
	18:00	0.623	284

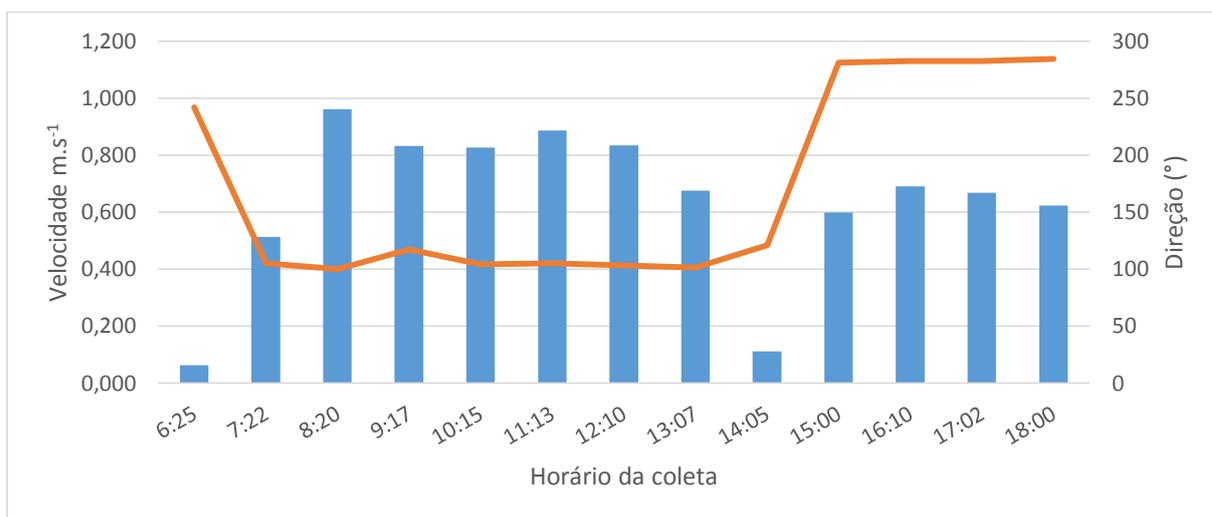


Figura 31: Dados hidrodinâmicos coletados durante a campanha fixa da cidade de Piaçabuçu-AL (Penedinho, ESF30) no dia 11 de Março de 2020. As barras azuis representam a velocidade da corrente e a linha laranja a direção.

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 Brejo Grande - SE (ESF32) no dia 10 -11 de Março de 2020

Data	Hora	Vel.(m.s ⁻¹)	Direção (°)
10-11/02/2020	17:32	0.211	262
	18:29	0.205	71
	19:30	0.595	76
	20:30	0.808	74
	21:39	0.791	79
	22:35	0.790	77
	23:28	0.652	83
	00:34	0.668	78
	01:32	0.383	75
	02:31	0.122	226
	03:34	0.362	211
	04:30	0.448	263
	05:31	0.320	261

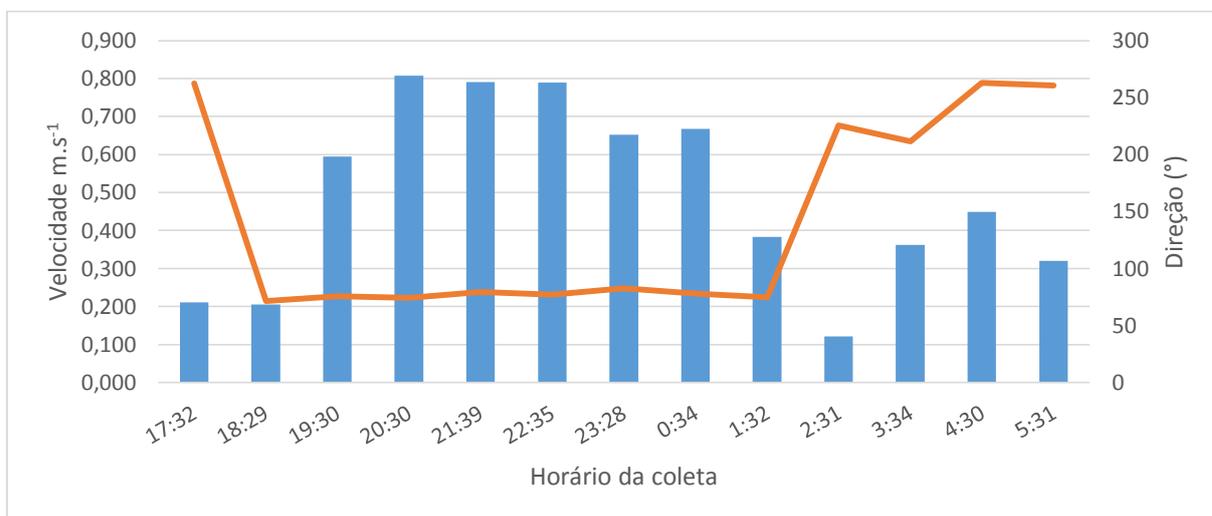


Figura 32: Dados hidrodinâmicos coletados durante a campanha fixa na bomba de captação de água da cidade de Brejo Grande – SE (ESF32), no dia 10 -11 de Março de 2020. As barras azuis representam a velocidade da corrente e a linha laranja a direção.

As Figuras 33 a 36 representam a distribuição temporal de salinidade da água das campanhas fixas de 12 horas, realizadas nos dias 21 e 23-24 de Fevereiro e 11 e 12 de Março de 2019. 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 n^o. 357 do CONAMA, os valores mais elevados estiveram próximo de 0.05 PSU, desta forma os parâmetros de salinidade para todas as medições estiveram dentro dos parâmetros seguros para o uso doméstico.

Para a 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 menor do que 0,7°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 nos pontos fixos

Salinidade

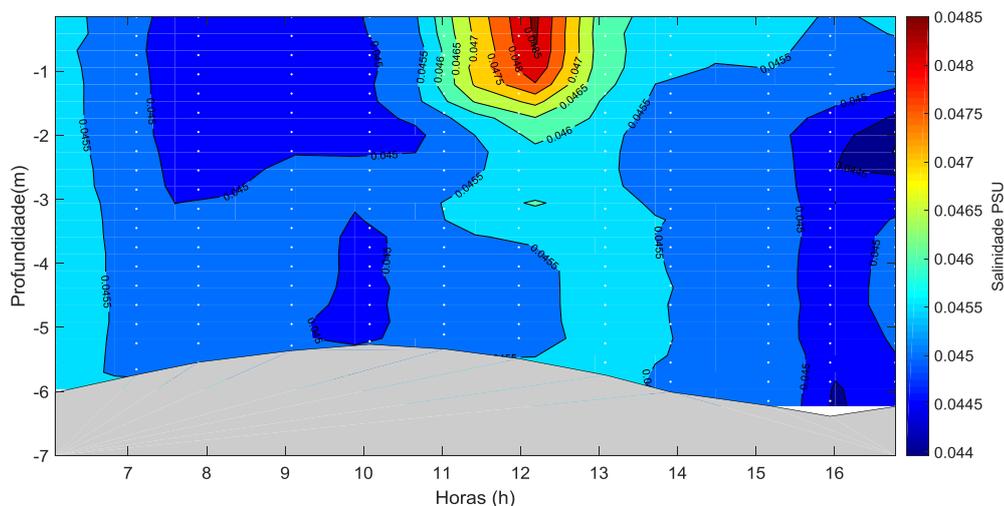


Figura 33: Distribuição temporal da salinidade da água durante o monitoramento fixo da cunha salina, realizado no dia 21 de Fevereiro de 2020, nas proximidades da bomba de captação de água da cidade de Penedinho-AL (ESF 30). Os pontos brancos representam o momento do dia da campanha quando os perfis foram realizados e o formato do fundo corresponde à variação do nível da coluna d'água ou o ponto máximo de alcance do CTD.

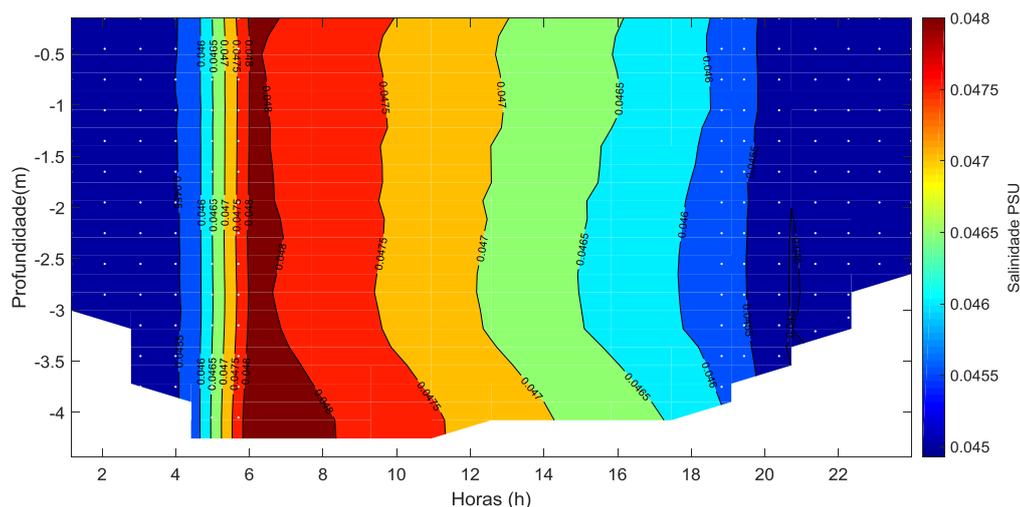


Figura 34: Distribuição temporal da salinidade da água durante o monitoramento fixo da cunha salina, realizado no dia 24 de Fevereiro de 2020, nas proximidades da bomba de captação de água da cidade de Brejo Grande (ESF 32). Os pontos brancos representam o momento do dia da campanha quando os perfis foram realizados e o formato do fundo corresponde à variação do nível da coluna d'água ou o ponto máximo de alcance do CTD.

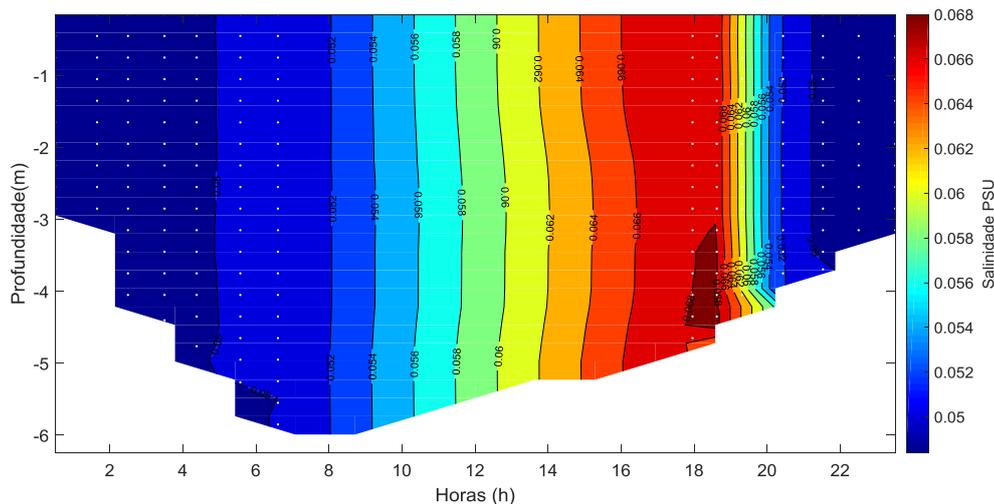


Figura 35: Distribuição temporal da salinidade da água durante o monitoramento fixo da cunha salina, realizado no dia 11 de Março de 2020, nas proximidades da bomba de captação de água da cidade de Piaçabuçu (Penedinho, ESF 30). Os pontos brancos representam o momento do dia da campanha quando os perfis foram realizados e o formato do fundo corresponde à variação do nível da coluna d'água ou o ponto máximo de alcance do CTD.

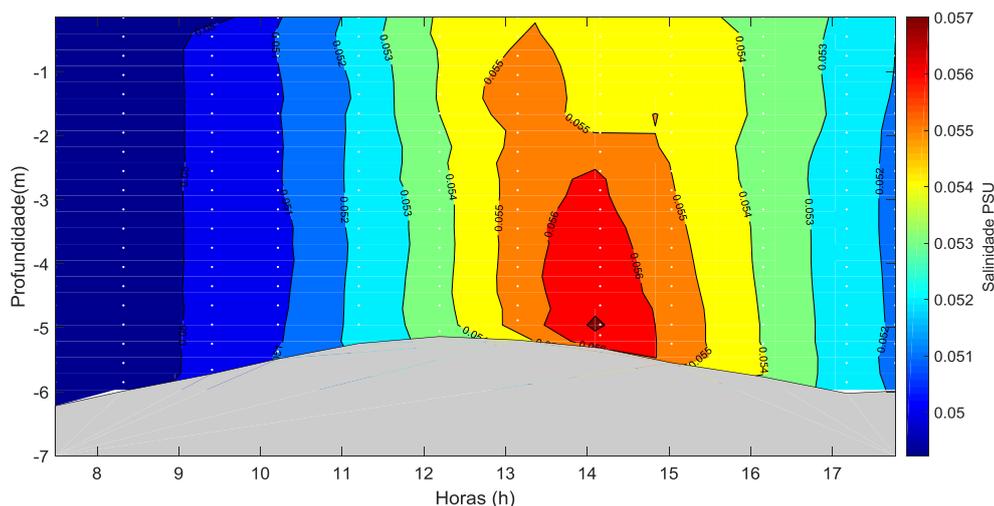


Figura 36: Distribuição temporal da salinidade da água durante o monitoramento fixo da cunha salina, realizado no dia 10-11 de Março de 2020, nas proximidades da bomba de captação de água da cidade de Brejo Grande - SE (ESF 32). Os pontos brancos representam o momento do dia da campanha quando os perfis foram realizados e o formato do fundo corresponde à variação do nível da coluna d'água ou o ponto máximo de alcance do CTD.

Temperatura

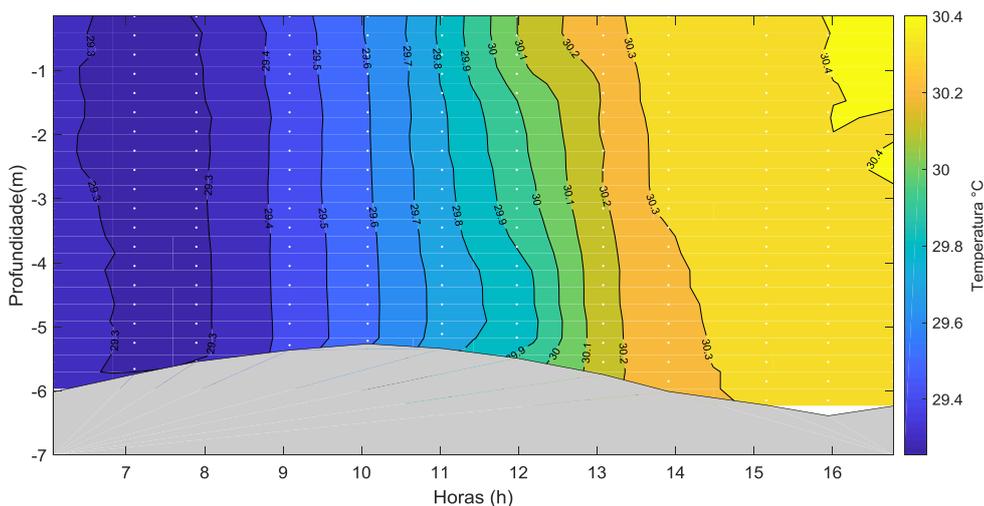


Figura 37: Distribuição temporal da temperatura da água durante o monitoramento fixo realizado no dia 21 de Fevereiro de 2020, nas proximidades da bomba de captação de água da cidade de Brejo Grande (ESF 32). Os pontos brancos representam o momento do dia da campanha quando os perfis foram realizados e o formato do fundo corresponde à variação do nível da coluna d'água ou o ponto máximo de alcance do CTD.

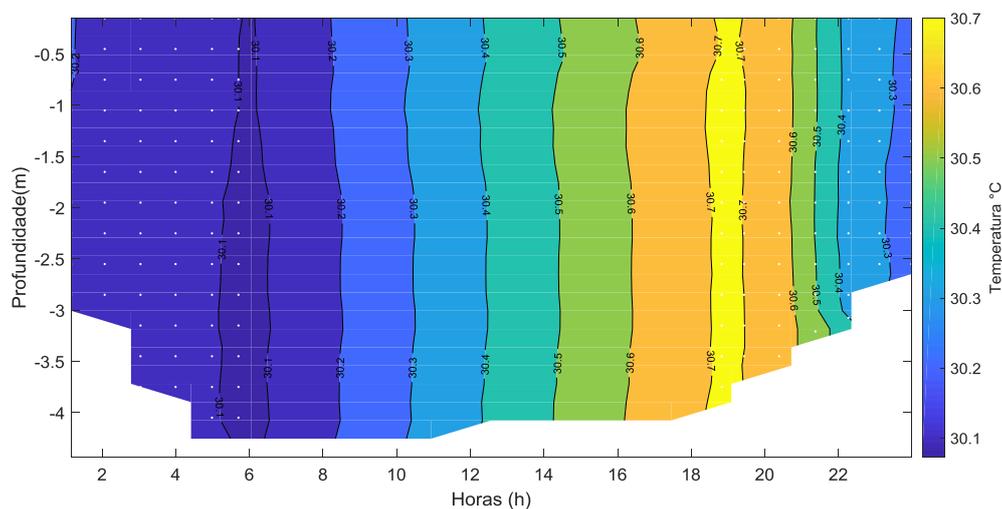


Figura 38: Distribuição temporal da temperatura para o monitoramento fixo de 12 horas da cunha salina, realizado no dia 24 de Fevereiro de 2020 nas proximidades da bomba de captação de água da cidade de Brejo Grande (ESF 32). Os pontos brancos representam o momento do dia da campanha quando os perfis foram realizados e o formato do fundo corresponde à variação do nível da coluna d'água ou o ponto máximo de alcance do CTD.

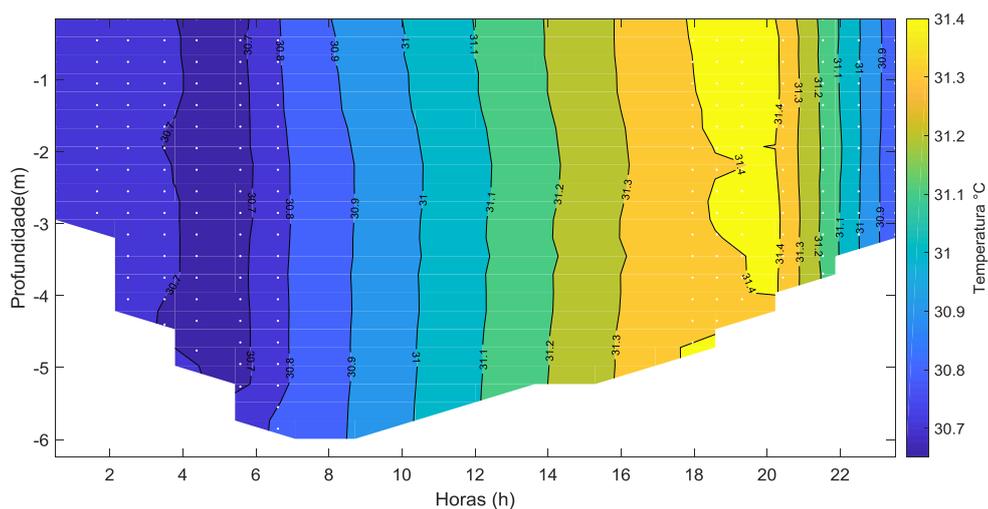


Figura 39: Distribuição temporal da temperatura para o monitoramento fixo de 12 horas da cunha salina, realizado no dia 11 de Março de 2020 nas proximidades da bomba de captação de água da cidade de Piaçabuçu (Penedinho, ESF 30). Os pontos brancos representam o momento do dia da campanha quando os perfis foram realizados e o formato do fundo corresponde à variação do nível da coluna d'água ou o ponto máximo de alcance do CTD.

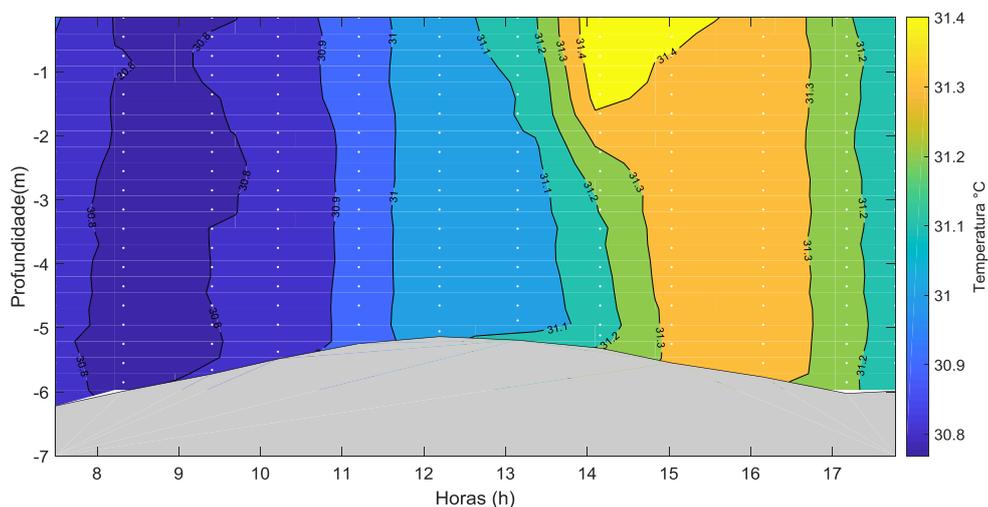


Figura 40: Distribuição temporal da temperatura para o monitoramento fixo de 12 horas da cunha salina, realizado no dia 10-11 de Março de 2020 nas proximidades da bomba de captação de água da cidade Brejo Grande-SE (ESF 32). Os pontos brancos representam o momento do dia da campanha quando os perfis 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 e máxima de 2,5 m, ambas no dia 10 de Março de 2020. Os ventos sopraram de forma predominantes da direção sul 125°, com velocidade média de 3.8 m.s^{-1} , e a temperatura atmosférica média foi de 30,7°C para o período de lua nova e 30°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° - 300° (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 $0,53 \text{ m.s}^{-1}$. 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 30° 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 21, distantes aproximadamente 12,1 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 pico de 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 Março/2020. De maneira geral, os perfis de salinidade para as campanhas nos pontos fixos estiveram inferiores a 0.05 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 2019, acessado em 28 de Agosto de, 2019, no site <http://ana.gov.br>

ANA- Agência Nacional de Águas 2017, Resolução N° 2.081, de 04 de Março 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 março 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.