

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

CTNE-70.2018.6530.00



EXECUÇÃO:



FUNDAÇÃO APOLÔNIO SALLES
F A D U R P E

RELATÓRIO MENSAL DE MONITORAMENTO DA CUNHA SALINA



JANEIRO, 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

Janeiro/ 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 26 e 27 de dezembro de 2019.	22
	Campanhas móveis realizadas nos dias 10 e 11 de janeiro de 2020.	26
	Resultados do CTD	30
	MONITORAMENTO FIXO	40
	Dados hidrodinâmicos, campanhas fixas realizadas nos dias 26 e 27 de dezembro de 2019	41
	Campanhas fixas realizadas nos dias 12 e 13 de janeiro 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 26/12/2019.....	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 26/12/2019.	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 27/12/2019.....	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 27/12/2019.	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 preamar da maré de sizígia (lua cheia) do dia 10/01/2020.	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 baixamar da maré de sizígia (lua cheia) do dia 10/01/2020.	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 preamar da maré de sizígia (lua cheia) do dia 11/01/2020.	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 11/01/2020.	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 26 de dezembro de 2019. 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 26 de dezembro de 2019. 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 27 de dezembro de 2019. 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 27 de dezembro de 2019. 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 10 de janeiro 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 10 de janeiro 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 11 de janeiro 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 11 de janeiro 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 26 dezembro de 2019. 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 26 de dezembro 2019. 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 27 de dezembro de 2019. 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 27 de dezembro de 2019. 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 10 de janeiro 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 10 de janeiro 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 11 de janeiro 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 11 de janeiro de 2020.	39
Figura 29: Dados hidrodinâmicos coletados durante a campanha fixa em Brejo Grande no dia 28/12/2019. 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 28-29/12/2019. 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 12/12/2020. 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 12-13/12/2020. 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 28 de dezembro de 2019, 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.	46
Figura 34: Distribuição temporal da salinidade da água durante o monitoramento fixo da cunha salina, realizado no dia 28-29 de dezembro de 2019, 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.	46
Figura 35: Distribuição temporal da salinidade da água durante o monitoramento fixo da cunha salina, realizado no dia 13 de janeiro 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 12-13 de janeiro 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 28 de dezembro de 2019, 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 28-29 de dezembro de 2019 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 12 de janeiro 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 12-13 de janeiro 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 (26 e 27/12/19) e lua cheia (10 e 11/01/2020). 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 26/12/2019, 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 26/12/2019, 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 27/12/2019 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 27/12/2019, 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 10/01/2020, 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 10/01/2020, 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 11/01/2020, 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 11/01/2020, 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 janeiro de 2019.	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 26/12/2019, 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 26/12/2019, 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 27/12/2019, 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 27/12/2019, 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 preamar da maré de sizígia (lua nova) do dia 10/01/2020, 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 baixamar da maré de sizígia (lua cheia) do dia 10/01/2020, 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 preamar da maré de sizígia (lua cheia) do dia 11/01/2020, 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 11/01/2020, 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 28/12/2019.....	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 28-29/12/2019	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 12/12/2020.....	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 12-13/12/2020	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.

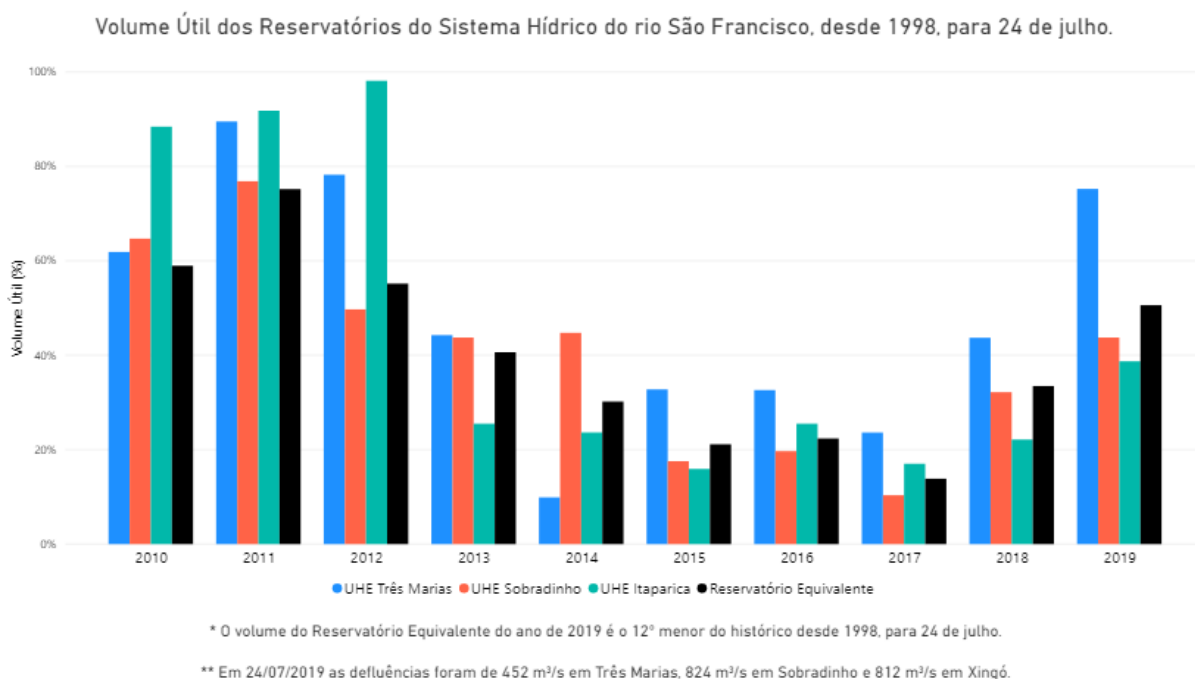


Figura 1: Série histórica de 2010 a 2019 do acúmulo de água nos reservatórios ao longo do rio São Francisco.
Fonte: <www.ana.gov.br>.

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).

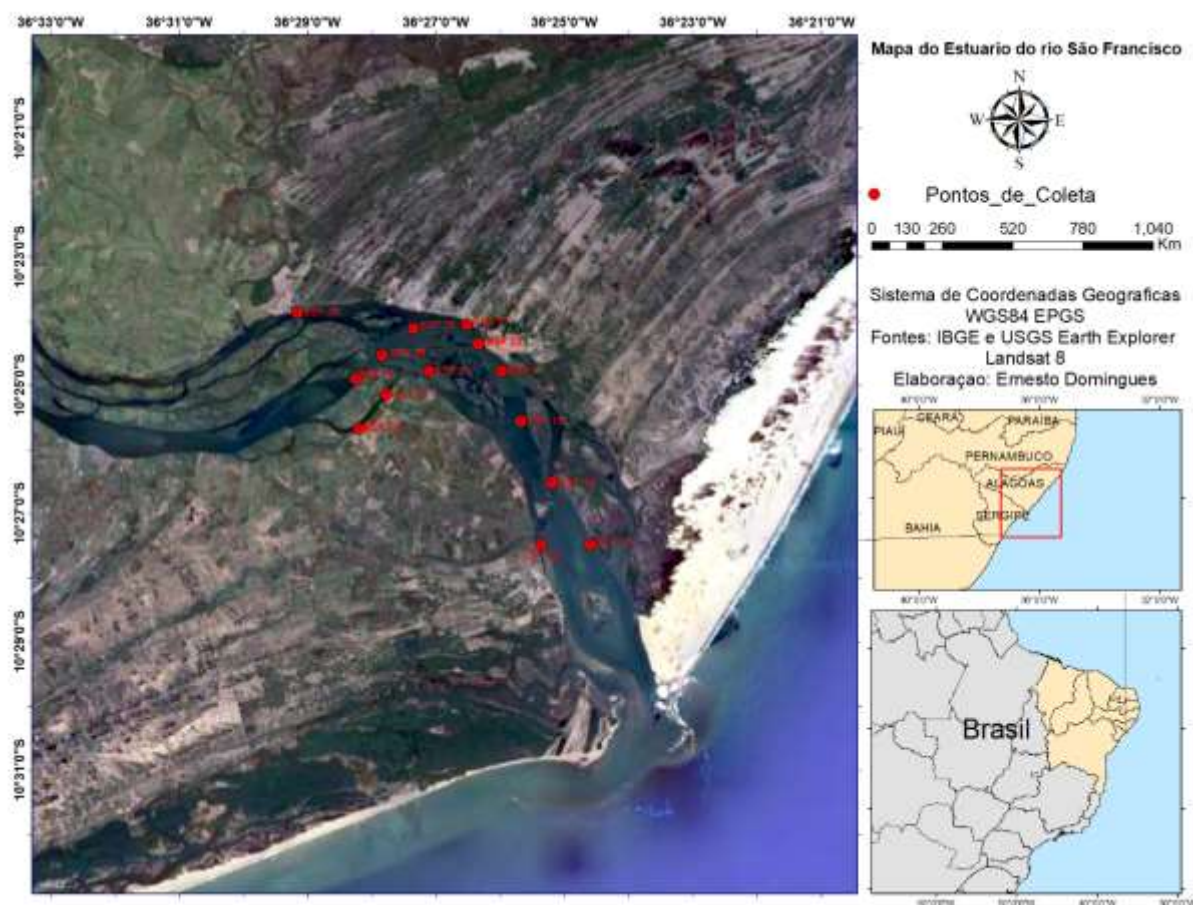


Figura 2: Localização das estações de monitoramento da introdução da cunha salina no trecho inferior do rio São Francisco. A posição das estações está marcada em vermelho.

3 Metodologia

O monitoramento da cunha salina referente ao mês de janeiro 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.

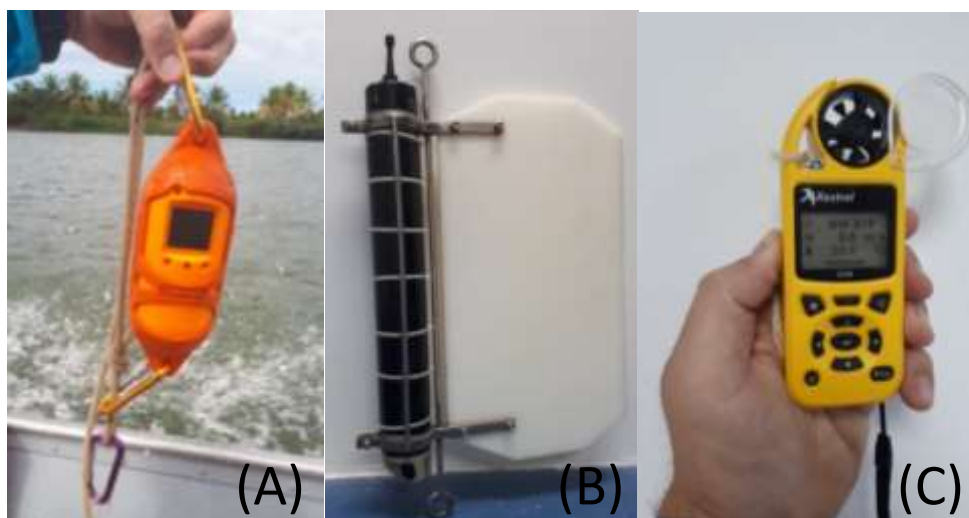


Figura 4: Instrumentos empregados na mensuração das variáveis meteorológicas e hidrológicas: CTD YSI CAsTaway (A), correntômetro Aquadopp Current Meter (B) e mini-estação Kestrel (C).

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 144°, com velocidade média de 4 m.s⁻¹. Os ventos mais intensos foram registrados no período de lua nova, apresentando médias de 4,5 m.s⁻¹, enquanto a média da temperatura atmosférica média foi de 29°C (tabela 11).

Tabela 2: Dados de altura da maré durante as fases de lua nova (26 e 27/12/19) e lua cheia (10 e 11/01/2020). Dados relativos ao Terminal Marítimo Inácio Barbosa - SE (DHN).

Lua	Datas	Hora	Alt. da Maré (m)
Nova	26/12/2019	3:36	2.1
		9:41	0.3
		15:49	2.2
		22:04	0.1
	27/12/2019	4:17	2.1
		10:19	0.3
		16:26	2.1
		22:47	0.2
Cheia	10/01/2020	3:17	2.1
		9:23	0.3
		15:34	2.2
		21:51	0.1
	11/01/2020	4:04	2.1
		10:08	0.3
		16:17	2.2
		22:36	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 26/12/2019, na foz do Rio São Francisco.

Data	Hora	Estação	Direção (°)	Vel. (m.s ⁻¹)	Temp. ar (°C)
26/12/2019	09:40	ESF_D1	104	4.5	25.5
	11:10	ESF 10	95	0.6	29.1
	11:34	ESF 14	105	0.9	29.4
	11:42	ESF 18	144	2.9	29.7
	11:53	ESF 21	179	2.9	29.6
	12:05	ESF 22	156	2.6	30.2
	12:13	ESF 23	149	2.9	30.1
	12:23	ESF 26	195	4.0	28.4
	12:38	ESF 30	150	5.1	29.0
	12:53	ESF 28	155	5.1	29.3
	13:02	ESF 31	135	4.1	29.4
	13:18	ESF 32	184	3.9	29.9
	13:26	ESF 27	124	0.6	31.8
	13:36	ESF 25	166	4.4	29.7
	Média		150	3.4	29.5

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 26/12/2019, na foz do Rio São Francisco.

Data	Hora	Estação	Direção (°)	Vel. (m.s ⁻¹)	Temp. ar (°C)
26/12/2019	15:53	ESF_D1	161	6.6	27.3
	16:06	ESF 10	169	4.3	27.2
	16:15	ESF 14	171	3.3	27.9
	16:27	ESF 18	157	4.6	27.8
	16:35	ESF 21	151	6.0	27.8
	17:14	ESF 22	141	4.4	27.1
	17:25	ESF 23	150	2.1	26.9
	17:35	ESF 26	158	2.7	26.9
	17:49	ESF 30	143	2.6	27.3
	18:05	ESF 28	126	2.7	27.1
	18:15	ESF 31	151	1.5	27.0
	18:32	ESF 32	140	0.4	27.1
	18:41	ESF 27	130	0.7	26.8
	18:50	ESF 25	160	3.3	27.1
	Média		151	3	27.15

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 27/12/2019 na foz do Rio São Francisco.

Data	Hora	Estação	Direção (°)	Vel. (m.s ⁻¹)	Temp. ar (°C)
27/12/2019	09:15	ESF_D1	58	2.5	28.2
	09:28	ESF 10	142	4.9	28.4
	09:40	ESF 14	103	2.4	29.4
	09:52	ESF 18	80	3.9	29.0
	10:04	ESF 21	132	3.6	29.3
	10:20	ESF 22	139	4.1	30.8
	10:32	ESF 23	150	2.6	31.2
	10:42	ESF 26	160	6.0	30.3
	10:58	ESF 30	144	7.7	30.0
	11:14	ESF 28	152	8.2	27.6
	11:23	ESF 31	135	5.3	28.4
	11:37	ESF 32	150	3.5	28.5
	11:48	ESF 27	141	1.6	30.2
	11:57	ESF 25	130	4.5	29.0
	Média		140	4.0	29.15

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 27/12/2019, na foz do Rio São Francisco.

Data	Hora	Estação	Direção (°)	Vel. (m.s ⁻¹)	Temp. ar (°C)
27/12/2019	15:00	ESF_D1	140	4.2	28.6
	15:12	ESF 10	158	2.0	29.0
	15:23	ESF 14	120	2.5	28.9
	15:34	ESF 18	162	4.7	29.0
	15:43	ESF 21	155	5.3	28.7
	15:51	ESF 22	141	3.0	29.1
	15:59	ESF 23	152	3.0	29.2
	16:09	ESF 26	132	4.3	28.5
	16:24	ESF 30	134	3.3	28.4
	16:38	ESF 28	165	4.3	28.3
	16:48	ESF 31	160	3.2	27.7
	17:02	ESF 32	145	1.4	27.5
	17:10	ESF 27	160	0.6	27.7
	17:18	ESF 25	167	4.0	27.3
	Média		154	3.25	28.55

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 10/01/2020, na foz do Rio São Francisco.

Data	Hora	Estação	Direção (°)	Vel. (m.s ⁻¹)	Temp. ar (°C)
10/01/2020	09:14	ESF_D1	104	4.2	28.7
	09:26	ESF 10	90	4.2	28.8
	09:39	ESF 14	96	4.1	30.1
	09:51	ESF 18	106	3.2	29.7
	09:05	ESF 21	141	4.7	29.6
	10:17	ESF 22	150	4.6	29.7
	10:28	ESF 23	167	4.1	30.0
	10:43	ESF 26	152	6.7	29.4
	10:58	ESF 30	133	5.8	29.7
	11:14	ESF 28	127	4.6	29.8
	11:23	ESF 31	142	7.3	29.7
	11:45	ESF 32	143	1.6	31.5
	11:51	ESF 27	72	1.5	31.6
	12:03	ESF 25	156	4.8	30.0
	Média		137	4.4	29.7

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 10/01/2020, na foz do Rio São Francisco.

Data	Hora	Estação	Direção (°)	Vel. (m.s ⁻¹)	Temp. ar (°C)
10/01/2020	14:52	ESF_D1	145	5.5	29.3
	15:05	ESF 10	168	3.7	28.9
	15:14	ESF 14	172	4.7	29.0
	15:24	ESF 18	168	8.0	28.9
	07:55	ESF 21	133	4.3	29.2
	15:42	ESF 22	146	5.0	29.7
	15:50	ESF 23	135	2.4	30.4
	16:00	ESF 26	133	5.2	29.5
	16:12	ESF 30	142	5.5	29.3
	16:27	ESF 28	150	4.8	29.5
	16:34	ESF 31	135	4.9	29.2
	16:48	ESF 32	132	1.9	29.2
	16:55	ESF 27	121	0.7	29.8
	17:03	ESF 25	145	6.9	28.7
	Média		144	4.85	29.25



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 11/01/2020, na foz do Rio São Francisco.

Data	Hora	Estação	Direção (°)	Vel. (m.s ⁻¹)	Temp. ar (°C)
11/01/2020	09:22	ESF_D1	150	5.8	28.2
	09:40	ESF 10	140	4.5	28.7
	09:51	ESF 14	110	2.9	30.2
	10:02	ESF 18	140	4.1	29.4
	10:12	ESF 21	104	4.5	30.1
	10:21	ESF 22	140	5.8	29.4
	10:29	ESF 23	100	3.2	30.7
	10:42	ESF 26	171	5.4	29.6
	10:57	ESF 30	146	5.7	29.7
	11:11	ESF 28	158	7.4	29.4
	11:20	ESF 31	258	4.4	30.0
	11:37	ESF 32	171	0.9	33.1
	11:44	ESF 27	110	0.8	33.6
	11:52	ESF 25	150	4.7	30.3
	Média		143	4.5	29.85

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 11/01/2020, na foz do Rio São Francisco.

Data	Hora	Estação	Direção (°)	Vel. (m.s ⁻¹)	Temp. ar (°C)
11/01/2020	15:03	ESF_D1	162	5.8	29.5
	15:10	ESF 10	180	5.6	29.0
	15:21	ESF 14	170	4.5	29.1
	15:30	ESF 18	157	6.3	28.9
	15:39	ESF 21	150	4.5	28.8
	15:47	ESF 22	165	4.8	29.0
	15:55	ESF 23	165	4.8	29.1
	16:03	ESF 26	170	4.4	28.9
	16:18	ESF 30	155	3.8	29.0
	16:32	ESF 28	146	5.7	28.9
	16:39	ESF 31	152	4.7	29.0
	16:52	ESF 32	168	4.0	28.7
	17:03	ESF 27	160	2.0	28.5
	17:11	ESF 25	160	4.4	28.2
	Média		161	4.6	28.95

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, 0,3; 0,1; 2,1 e 2,3 m na lua nova, e aqueles de lua cheia, de 0,1; 0,3; 2,1 e 2,2m (**Tabela 2**).

Na fase de lua nova, a direção predominante do vento foi leste (144°), com velocidade média de 3,51 m.s⁻¹ e temperatura média do ar de 28,58°C (26,6 a 32,8°C) (Tabela 11). Na fase de lua cheia, o vento apresentou direção predominante sudeste (145°), com velocidade média de 4,47 m.s⁻¹ e temperatura média do ar de 29,57°C (28,2a 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 janeiro de 2019.

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	58.00	143.86	195.00	0.40	3.51	8.20	25.50	28.58	31.80
Lua Cheia	72.00	144.86	258.00	0.70	4.47	8.00	28.20	29.57	33.60
Média	65.00	144.36	226.50	0.55	3.99	8.10	26.85	29.08	32.70

Dados hidrodinâmicos

As Tabelas 12 a 18 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 $0,41 \text{ m.s}^{-1}$, a estação amostral que apresentou a maior intensidade de corrente foi a estação ESF 23, no dia 11 de janeiro com velocidade de 0.87 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 0.33 m.s^{-1} , já baixamar a média foi de 0.47 m.s^{-1} .

Campanhas móveis realizadas nos dias 26 e 27 de dezembro de 2019.

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 26/12/2019, na foz do Rio São Francisco.

Data	Hora	Estação	Vel.(m.s ⁻¹)	Direção (°)
26/12/2019	09:40	ESF_D1	0.367	182
	11:10	ESF 10	0.221	209
	11:34	ESF 14	0.238	191
	11:42	ESF 18	0.350	185
	11:53	ESF 21	0.471	162
	12:05	ESF 22	0.288	165
	12:13	ESF 23	0.181	131
	12:23	ESF 26	0.184	94
	12:38	ESF 30	0.077	155
	12:53	ESF 28	0.195	56
	13:02	ESF 31	0.105	121
	13:18	ESF 32	0.058	303
	13:26	ESF 27	0.194	230
	13:36	ESF 25	0.386	319

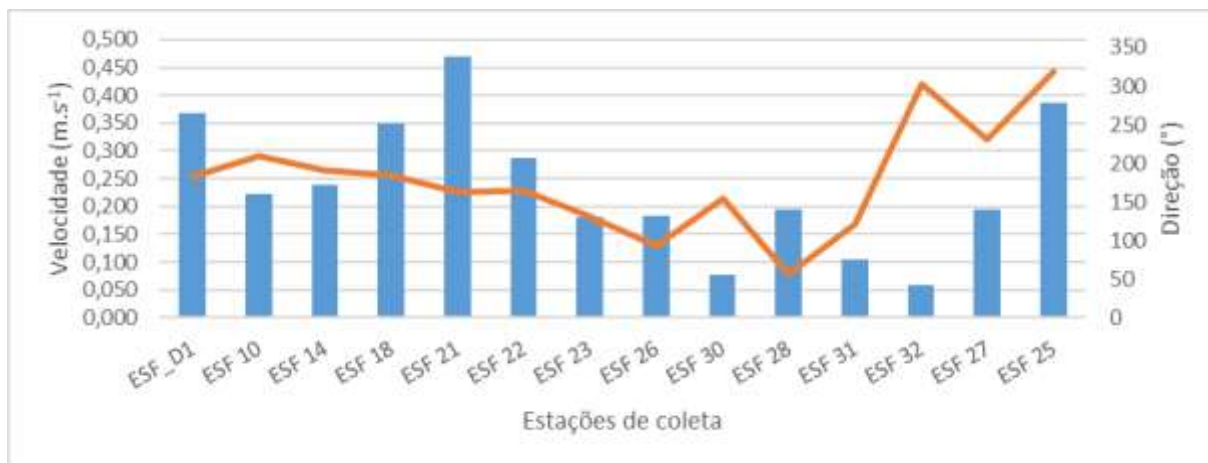


Figura 5: Variação média da velocidade (barras azuis) e da direção (linha laranja) das correntes na coluna entre pelas estações de amostragem da cunha salina da foz do Rio São Francisco, durante a baixamar da maré de sizígia (lua nova) do dia 26/12/2019.

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 26/12/2019, na foz do Rio São Francisco.

Data	Hora	Estação	Vel.(m.s ⁻¹)	Direção (°)
26/12/2019	15:53	ESF_D1	0.290	163
	16:06	ESF 10	0.383	302
	16:15	ESF 14	0.271	211
	16:27	ESF 18	0.366	129
	16:35	ESF 21	0.323	304
	17:14	ESF 22	0.158	219
	17:25	ESF 23	0.084	98
	17:35	ESF 26	0.081	243
	17:49	ESF 30	0.158	98
	18:05	ESF 28	0.147	90
	18:15	ESF 31	0.397	77
	18:32	ESF 32	0.301	78
	18:41	ESF 27	0.475	56
	18:50	ESF 25	0.507	142

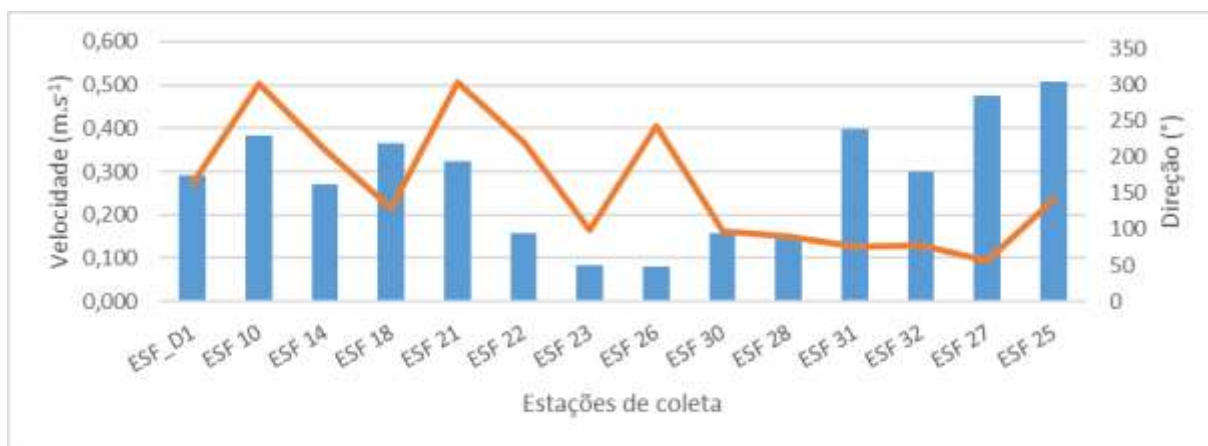


Figura 6: Variação média da velocidade (barras azuis) e da direção (linha laranja) das correntes na coluna entre pelas estações de amostragem da cunha salina da foz do Rio São Francisco, durante preamar da maré de sizígia (lua nova) do dia 26/12/2019.

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 27/12/2019, na foz do Rio São Francisco.

Data	Hora	Estação	Vel.(m.s ⁻¹)	Direção (°)
27/12/2019	09:15	ESF_D1	0.581	183
	09:28	ESF 10	0.540	172
	09:40	ESF 14	0.719	184
	09:52	ESF 18	0.722	186
	10:04	ESF 21	0.447	158
	10:20	ESF 22	0.427	155
	10:32	ESF 23	0.576	130
	10:42	ESF 26	0.589	93
	10:58	ESF 30	0.560	111
	11:14	ESF 28	0.543	65
	11:23	ESF 31	0.224	91
	11:37	ESF 32	0.548	79
	11:48	ESF 27	0.403	64
	11:57	ESF 25	0.377	142

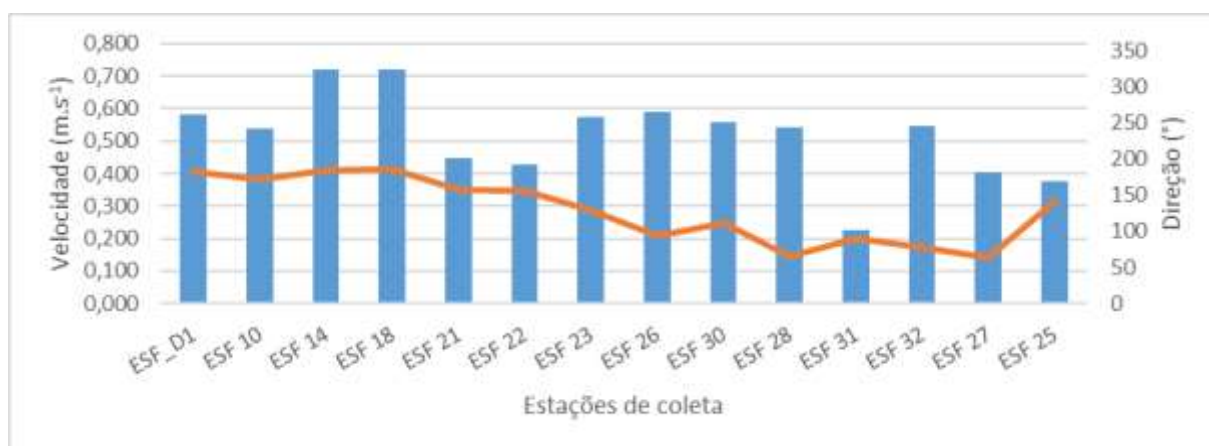


Figura 7: Variação média da velocidade (barras azuis) e da direção (linha laranja) das correntes na coluna entre pelas estações de amostragem da cunha salina da foz do Rio São Francisco, durante baixamar da maré de sizígia (lua nova) do dia 27/12/2019.

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 27/12/2019, na foz do Rio São Francisco.

Data	Hora	Estação	Vel.(m.s ⁻¹)	Direção (°)
27/12/2019	15:00	ESF_D1	0.503	178
	15:12	ESF 10	0.270	180
	15:23	ESF 14	0.882	141
	15:34	ESF 18	0.479	8
	15:43	ESF 21	0.406	338
	15:51	ESF 22	0.764	346
	15:59	ESF 23	0.349	334
	16:09	ESF 26	0.384	272
	16:24	ESF 30	0.396	293
	16:38	ESF 28	0.273	259
	16:48	ESF 31	0.485	246
	17:02	ESF 32	0.234	258
	17:10	ESF 27	0.248	237
	17:18	ESF 25	0.218	319

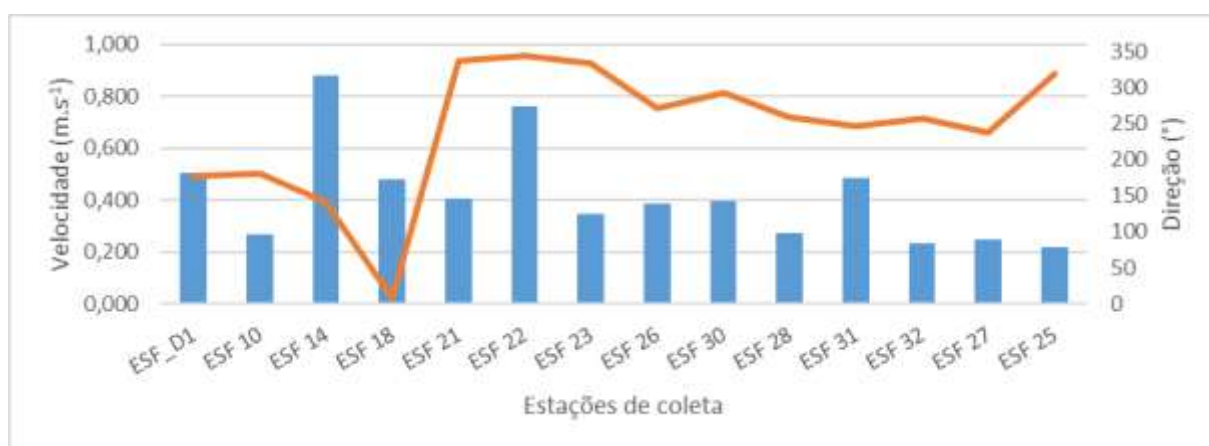


Figura 8: Variação média da velocidade (barras azuis) e da direção (linha laranja) das correntes na coluna entre pelas estações de amostragem da cunha salina da foz do Rio São Francisco, durante a preamar da maré de sizígia (lua cheia) do dia 27/12/2019.

Campanhas móveis realizadas nos dias 10 e 11 de janeiro de 2020.

Tabela 16: 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 10/01/2020, na foz do Rio São Francisco.

Data	Hora	Estação	Vel.(m.s ⁻¹)	Direção (°)
10/01/2020	09:14	ESF_D1	0.643	189
	09:26	ESF 10	0.525	151
	09:39	ESF 14	0.534	175
	09:51	ESF 18	0.680	184
	09:05	ESF 21	0.572	151
	10:17	ESF 22	0.625	162
	10:28	ESF 23	0.746	137
	10:43	ESF 26	0.552	86
	10:58	ESF 30	0.471	105
	11:14	ESF 28	0.467	68
	11:23	ESF 31	0.393	70
	11:45	ESF 32	0.436	78
	11:51	ESF 27	0.300	63
	12:03	ESF 25	0.402	137

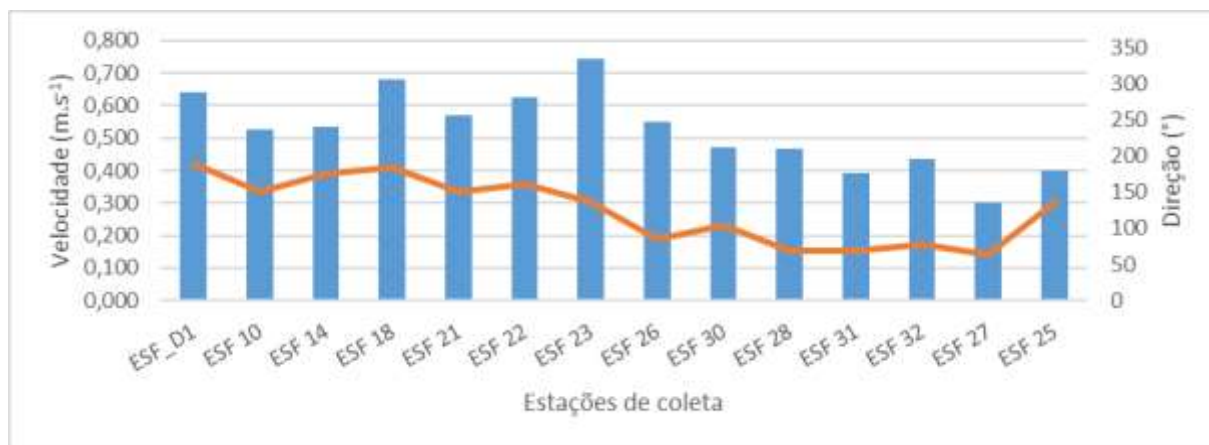


Figura 9: Variação média da velocidade (barras azuis) e da direção (linha laranja) das correntes na coluna entre pelas estações de amostragem da cunha salina da foz do Rio São Francisco, durante a preamar da maré de sizígia (lua cheia) do dia 10/01/2020.

Tabela 17: 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 10/01/2020, na foz do Rio São Francisco.

Data	Hora	Estação	Vel.(m.s ⁻¹)	Direção (°)
10/01/2020	14:52	ESF_D1	0.332	67
	15:05	ESF 10	0.449	121
	15:14	ESF 14	0.580	208
	15:24	ESF 18	0.356	56
	07:55	ESF 21	0.377	275
	15:42	ESF 22	0.558	301
	15:50	ESF 23	0.242	312
	16:00	ESF 26	0.281	269
	16:12	ESF 30	0.334	292
	16:27	ESF 28	0.167	245
	16:34	ESF 31	0.241	235
	16:48	ESF 32	0.091	273
	16:55	ESF 27	0.052	227
	17:03	ESF 25	0.122	149



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 baixamar da maré de sizígia (lua cheia) do dia 10/01/2020.

Tabela 18: Dados médio de velocidade e direção da coluna d'água em cada estação de amostragem da cunha salina, durante a preamar da maré de sizígia (lua cheia) do dia 11/01/2020, na foz do Rio São Francisco.

Data	Hora	Estação	Vel.(m.s ⁻¹)	Direção (°)
11/01/2020	09:22	ESF_D1	0.692	186
	09:40	ESF 10	0.636	176
	09:51	ESF 14	0.651	187
	10:02	ESF 18	0.710	193
	10:12	ESF 21	0.625	160
	10:21	ESF 22	0.712	161
	10:29	ESF 23	0.868	136
	10:42	ESF 26	0.683	106
	10:57	ESF 30	0.580	108
	11:11	ESF 28	0.434	62
	11:20	ESF 31	0.504	69
	11:37	ESF 32	0.524	72
	11:44	ESF 27	0.564	62
	11:52	ESF 25	0.392	133

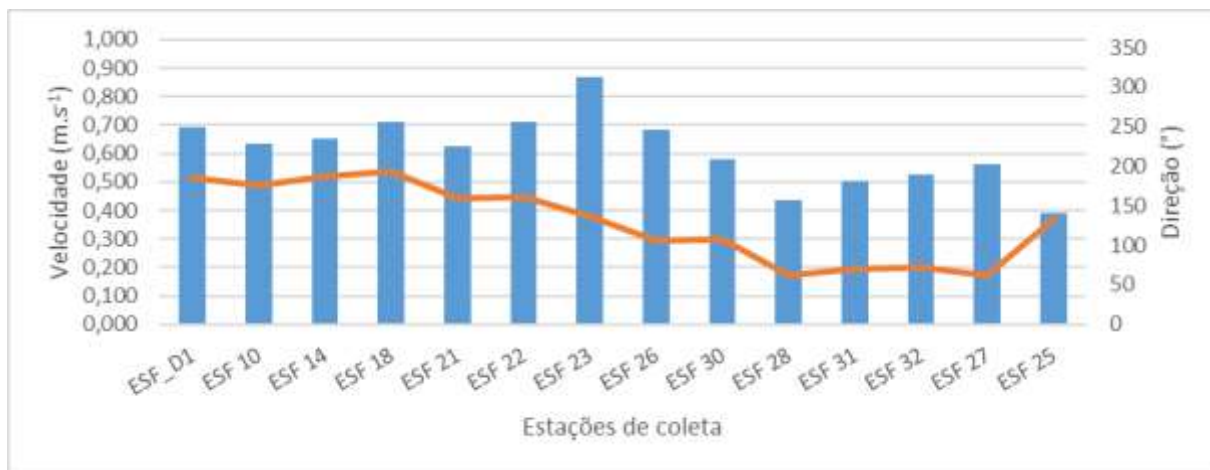


Figura 11: Variação média da velocidade (barras azuis) e da direção (linha laranja) das correntes na coluna entre pelas estações de amostragem da cunha salina da foz do Rio São Francisco, durante a preamar da maré de sizígia (lua cheia) do dia 11/01/2020.

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 11/01/2020, na foz do Rio São Francisco.

Data	Hora	Estação	Vel.(m.s ⁻¹)	Direção (°)
11/01/2020	15:03	ESF_D1	0.409	306
	15:10	ESF 10	0.401	194
	15:21	ESF 14	0.507	329
	15:30	ESF 18	0.457	12
	15:39	ESF 21	0.342	286
	15:47	ESF 22	0.651	344
	15:55	ESF 23	0.302	324
	16:03	ESF 26	0.340	278
	16:18	ESF 30	0.380	284
	16:32	ESF 28	0.240	245
	16:39	ESF 31	0.457	251
	16:52	ESF 32	0.215	256
	17:03	ESF 27	0.227	238
	17:11	ESF 25	0.226	319



Figura 12: 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 11/01/2020.

Resultados do CTD

Salinidade

As Figuras 13 a 20 demonstram a penetração da cunha salina na baixamar e preamar dos dois períodos de sizígia analisados referentes a janeiro 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 janeiro 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 14 (distante 7,57 km da foz), o que pode ser visualizado nos gráficos de salinidade nos dias 27 de dezembro na coleta de preamar, sendo que no dia 26 de dezembro na estação ESF 23 (12,79 km da foz) foi registrado salinidade próximo à 3 PSU no período de preamar. Foram registrados picos de salinidade superiores a 30 PSU entre as estações ESF D1 e ESF10 (6,1 e 5,54 km da foz, respectivamente) nos dias 30 de dezembro de 2019 e dia 10 de janeiro de 2020, ambos no período de baixamar. 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, 18 e 20) nos períodos de baixamar a cunha apresentou valores sempre menores, onde a cunha é predominante no fundo (figuras 13, 15, 17 e 19). 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 26 e 27 de dezembro de 2019.

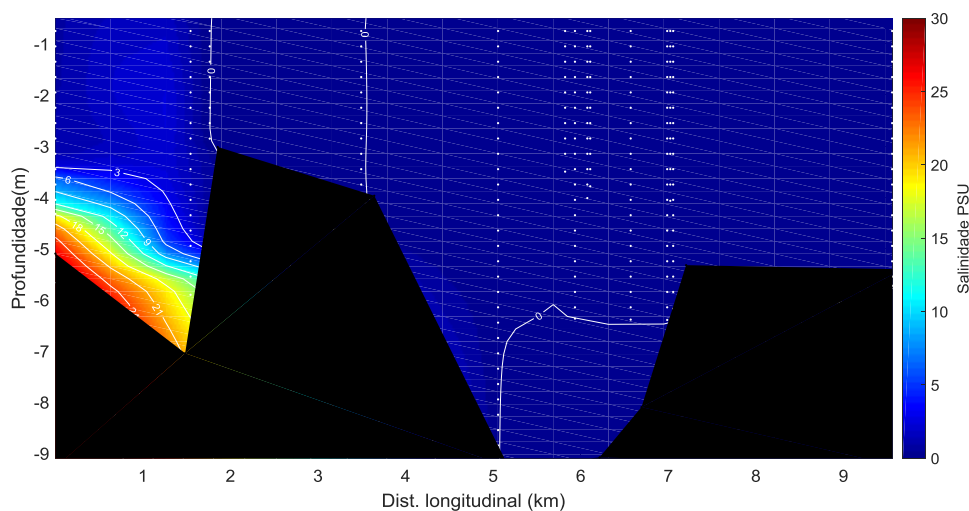


Figura 13: Distribuição longitudinal da salinidade na foz do rio São Francisco, variando da estação ESF 10 (ponto mais próximo à foz) à ESF 30 (ponto mais distante da foz), no período de baixamar do dia 26 de dezembro de 2019. Os pontos brancos indicam a localização longitudinal de cada perfil.

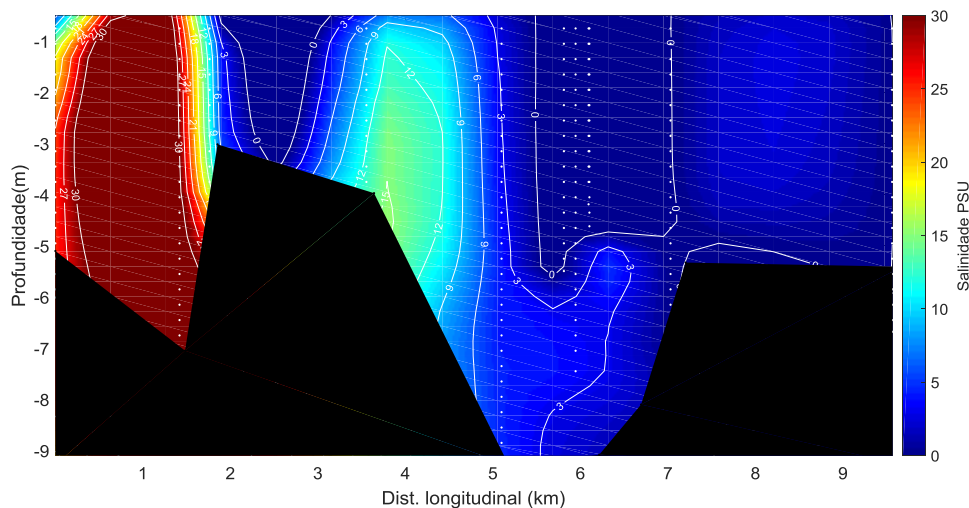


Figura 14: Distribuição longitudinal da salinidade na foz do rio São Francisco, variando da estação ESF 10 (ponto mais próximo à foz) à ESF 30 (ponto mais distante da foz), no período de preamar do dia 26 de dezembro de 2019. Os pontos brancos indicam a localização longitudinal de cada perfil.

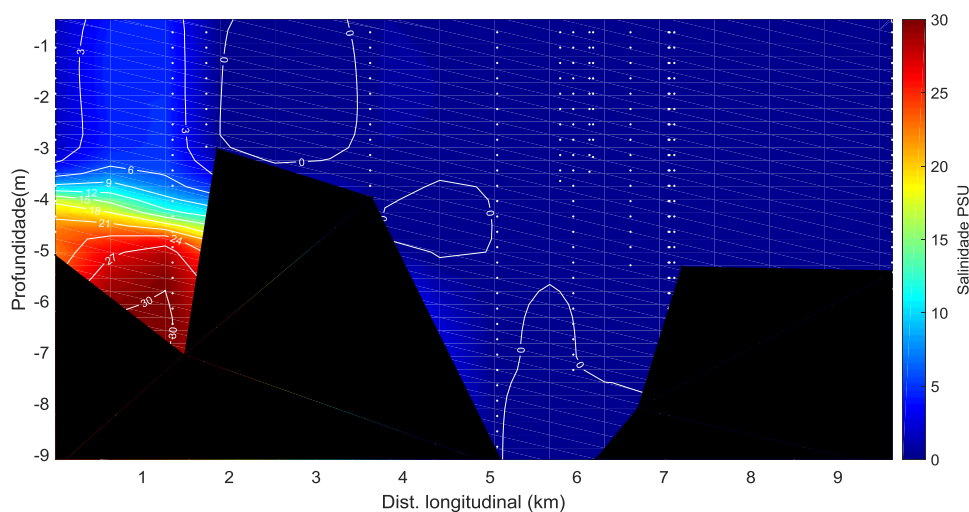


Figura 15: Distribuição longitudinal da salinidade na foz do rio São Francisco, variando da estação ESF 10 (ponto mais próximo à foz) à ESF 30 (ponto mais distante da foz), no período de baixamar do dia 27 de dezembro de 2019. Os pontos brancos indicam a localização longitudinal de cada perfil.

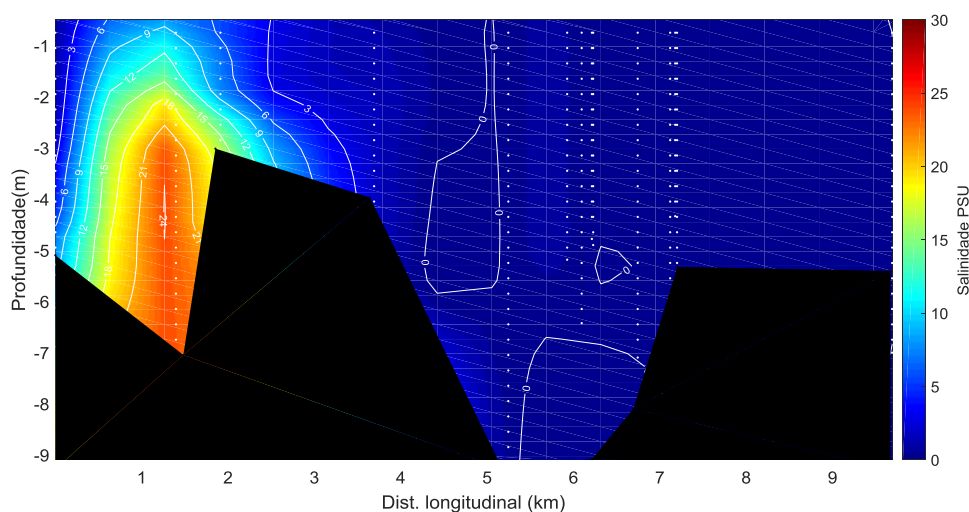


Figura 16: Distribuição longitudinal da salinidade na foz do rio São Francisco, variando da estação ESF 10 (ponto mais próximo à foz) à ESF 30 (ponto mais distante da foz), no período de preamar do dia 27 de dezembro de 2019. Os pontos brancos indicam a localização longitudinal de cada perfil.

Baixamar e preamar dos dias 10 e 11 de janeiro de 2019.

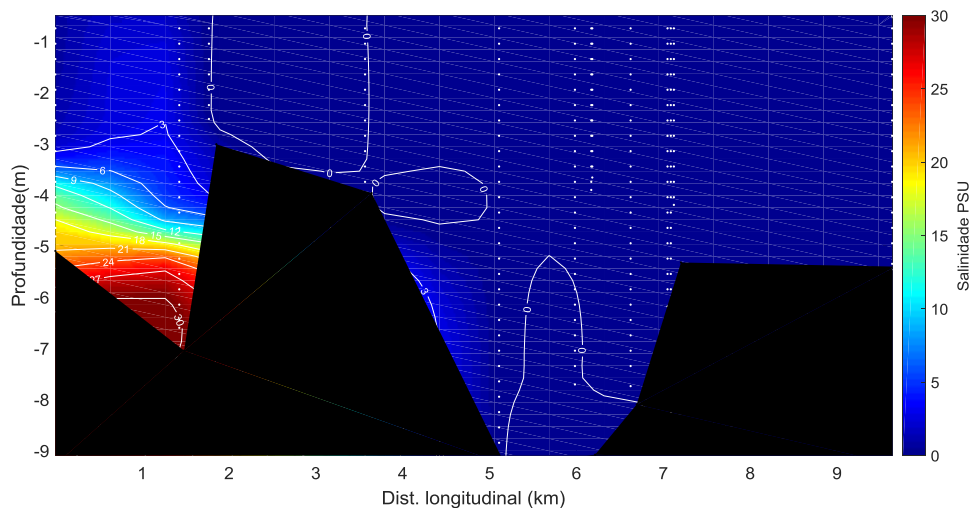


Figura 17: Distribuição longitudinal da salinidade na foz do rio São Francisco, variando da estação ESF 10 (ponto mais próximo à foz) à ESF 30 (ponto mais distante da foz), no período de baixamar do dia 10 de janeiro de 2020. Os pontos brancos indicam a localização longitudinal de cada perfil.

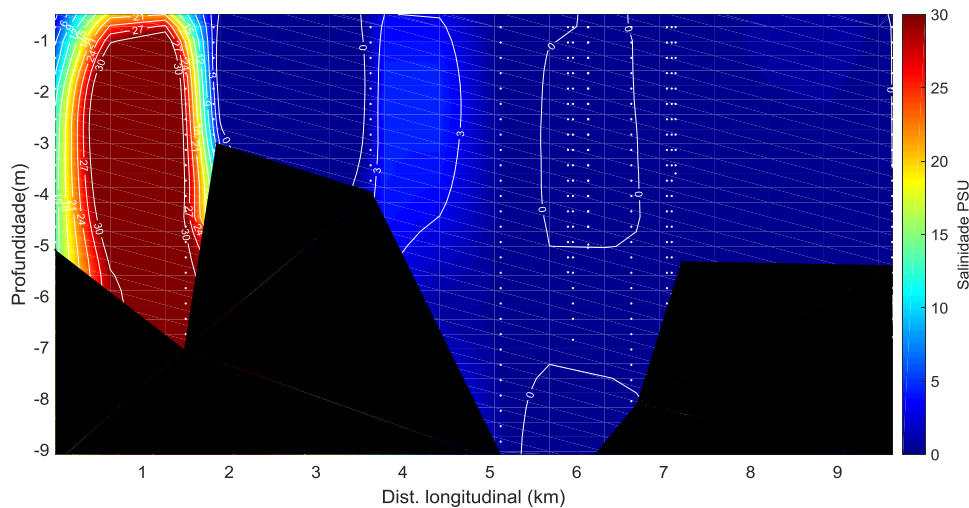


Figura 18: Distribuição longitudinal da salinidade na foz do rio São Francisco, variando da estação ESF 10 (ponto mais próximo à foz) à ESF 30 (ponto mais distante da foz), no período de preamar do dia 10 de janeiro de 2020. Os pontos brancos indicam a localização longitudinal de cada perfil.

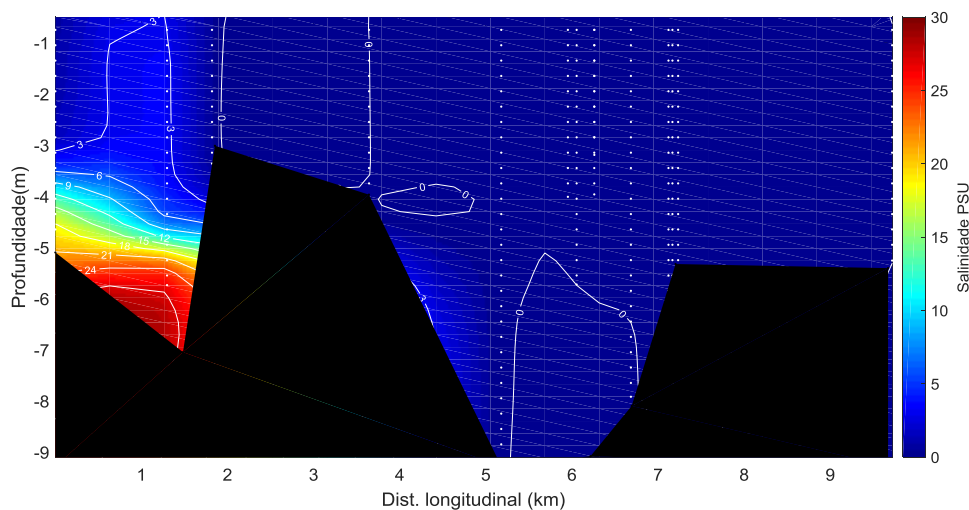


Figura 19: Distribuição longitudinal da salinidade na foz do rio São Francisco, variando da estação ESF 10 (ponto mais próximo à foz) à ESF 30 (ponto mais distante da foz), no período de baixamar do dia 11 de janeiro de 2020. Os pontos brancos indicam a localização longitudinal de cada perfil.

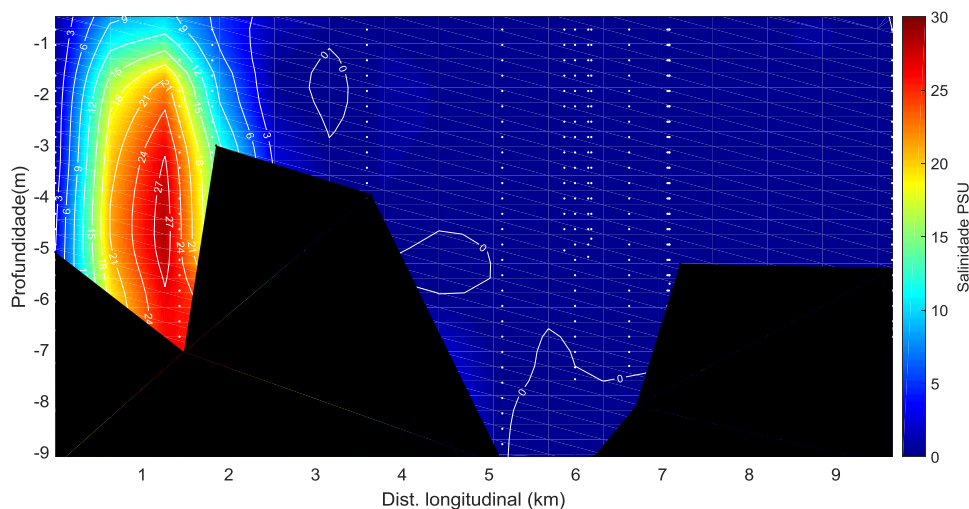


Figura 20: Distribuição longitudinal da salinidade na foz do rio São Francisco, variando da estação ESF 10 (ponto mais próximo à foz) à ESF 30 (ponto mais distante da foz), no período de preamar do dia 11 de janeiro de 2020. Os pontos brancos indicam a localização longitudinal de cada perfil.

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 dezembro/2019, a temperatura registrada nas coletas estiveram predominantemente em torno de 29 °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 acumula 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 27,6°C, foram registradas na região próximo ao ponto ESF 26 e próximo à foz (Figura 21). De maneira geral a temperatura da água na foz do rio São Francisco no mês de janeiro esteve homogênea em torno de 29°C, como mostram as Figuras 21 a 29.

Baixamar e preamar do dia 26 e 27 de dezembro de 2019

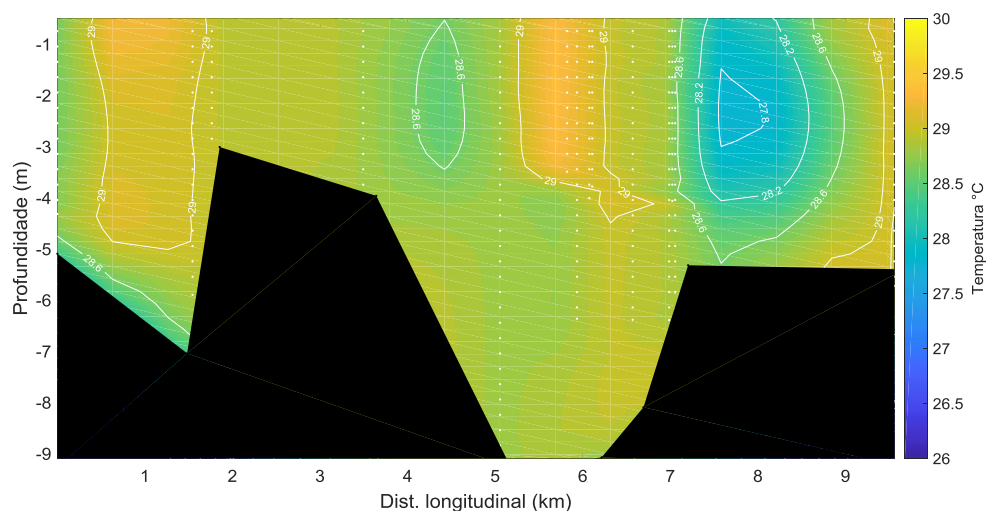


Figura 21: Distribuição longitudinal da temperatura da água na foz do rio São Francisco, variando da estação ESF 10 (ponto mais próximo à foz) à estação ESF 30 (ponto mais distante da foz,) no período de baixamar do dia 26 dezembro de 2019. Os pontos brancos indicam a localização longitudinal de cada perfil.

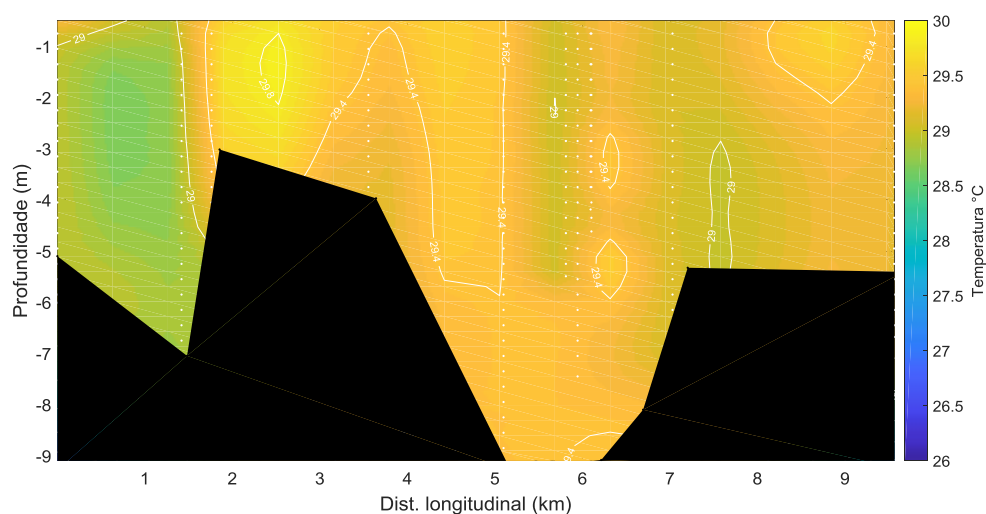


Figura 22: Distribuição longitudinal da temperatura da água na foz do rio São Francisco, variando da estação ESF 10 (ponto mais próximo à foz) à estação ESF 30 (ponto mais distante da foz,) no período de preamar do dia 26 de dezembro 2019. Os pontos brancos indicam a localização longitudinal de cada perfil.

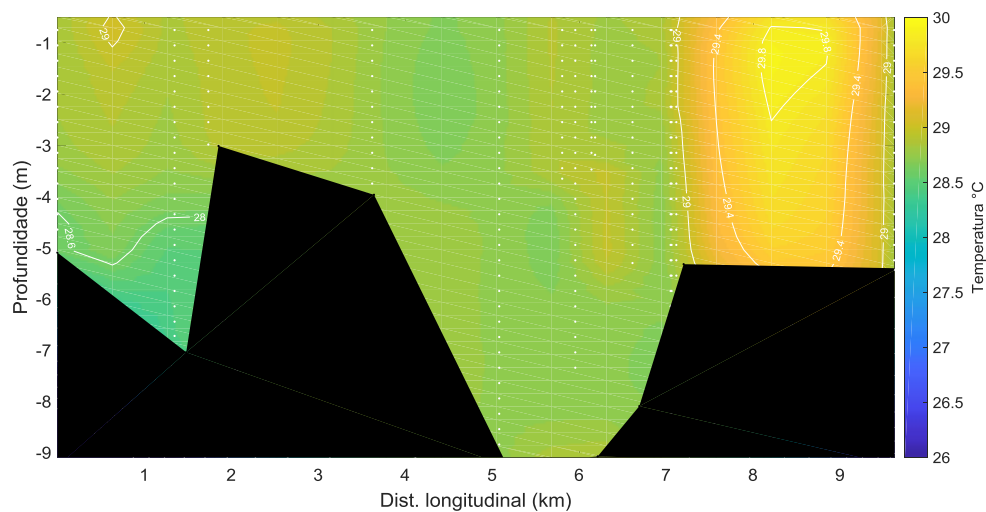


Figura 23: Distribuição longitudinal da temperatura da água na foz do rio São Francisco, variando da estação ESF 10 (ponto mais próximo à foz) à estação ESF 30 (ponto mais distante da foz,) no período de baixamar do dia 27 de dezembro de 2019. Os pontos brancos indicam a localização longitudinal de cada perfil.

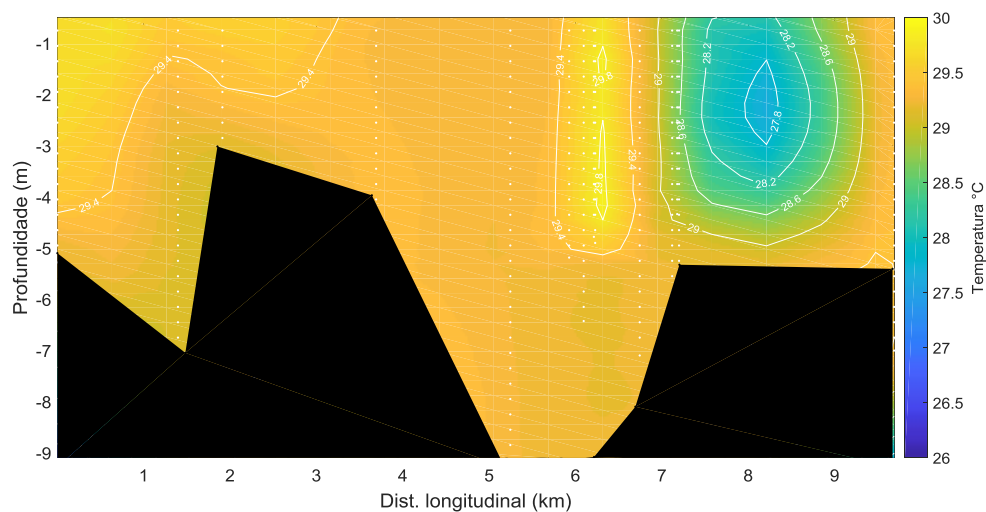


Figura 24: Distribuição longitudinal da temperatura da água na foz do rio São Francisco, variando da estação ESF 10 (ponto mais próximo à foz) à estação ESF 30 (ponto mais distante da foz,) no período de preamar do dia 27 de dezembro de 2019. Os pontos brancos indicam a localização longitudinal de cada perfil.

Baixamar e preamar do dia 10 e 11 de janeiro de 2020.

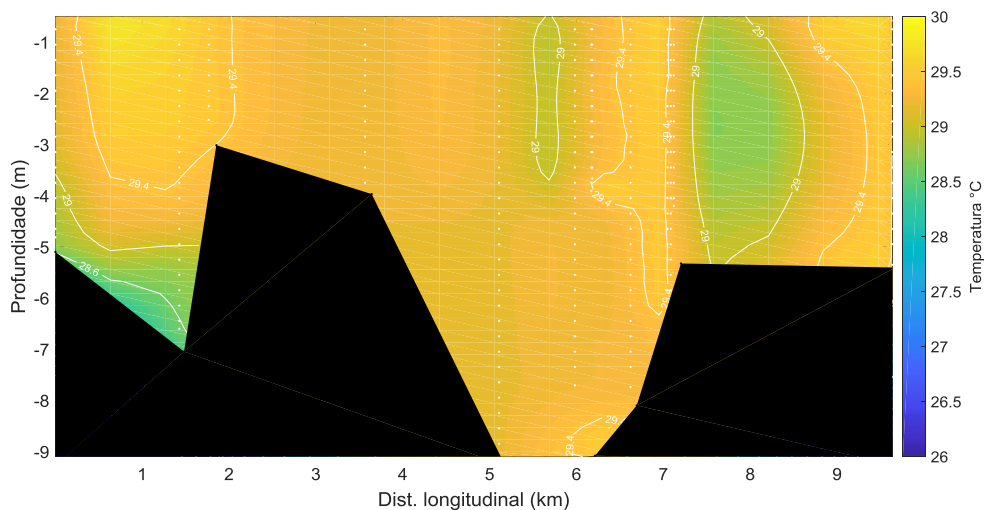


Figura 25: Distribuição longitudinal da temperatura da água na foz do rio São Francisco, variando da estação ESF 10 (ponto mais próximo à foz) à estação ESF 30 (ponto mais distante da foz,) no período de baixamar do dia 10 de janeiro de 2020. Os pontos brancos indicam a localização longitudinal de cada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

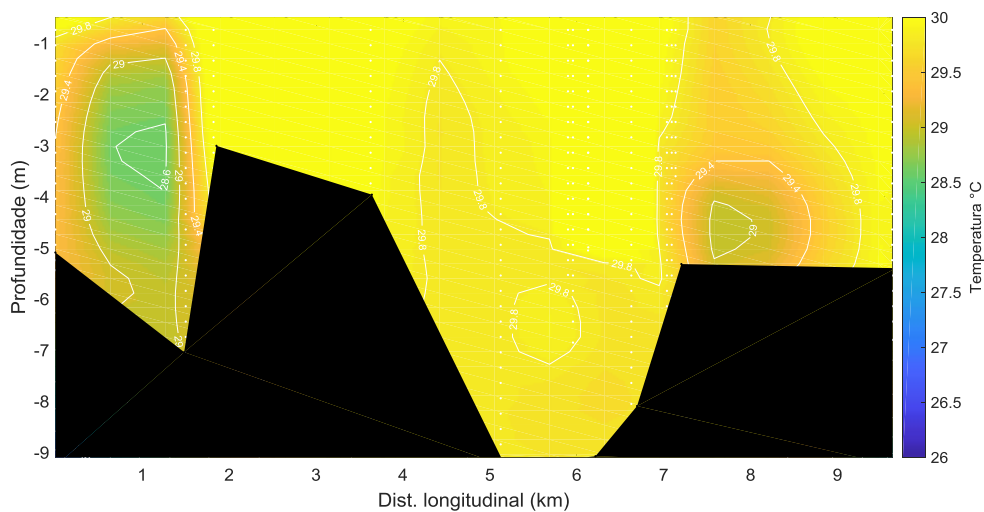


Figura 26: Distribuição longitudinal da temperatura da água na foz do rio São Francisco, variando da estação ESF 10 (ponto mais próximo à foz) à estação ESF 30 (ponto mais distante da foz,) no período de preamar do dia 10 de janeiro de 2020. Os pontos brancos indicam a localização longitudinal de cada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

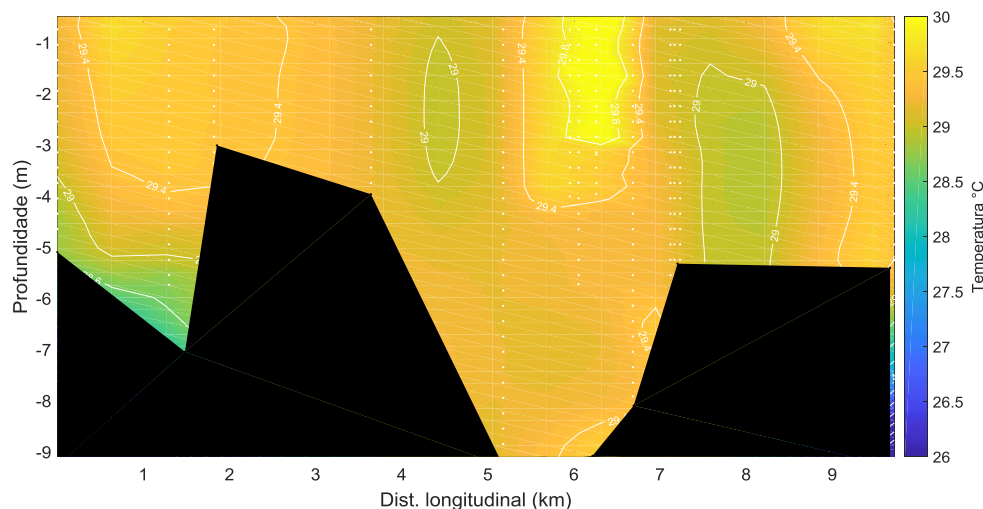


Figura 27: Distribuição longitudinal da temperatura da água na foz do rio São Francisco, variando da estação ESF 10 (ponto mais próximo à foz) à estação ESF 30 (ponto mais distante da foz,) no período de baixamar do dia 11 de janeiro de 2020. Os pontos brancos indicam a localização longitudinal de cada perfil.

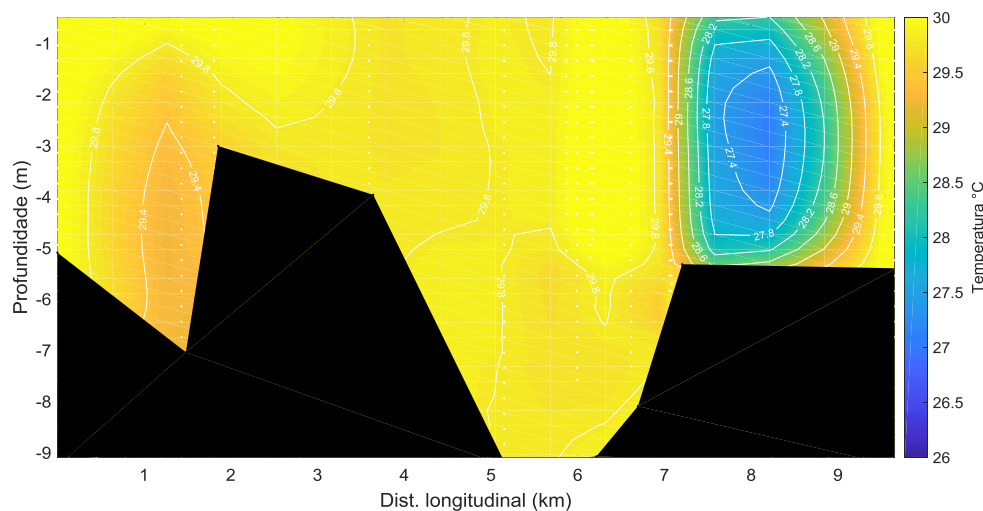


Figura 28: Distribuição longitudinal da temperatura da água na foz do rio São Francisco, variando da estação ESF 10 (ponto mais próximo à foz) à estação ESF 30 (ponto mais distante da foz,) no período de preamar do dia 11 de janeiro de 2020.

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 Brejo Grande-SE no dia 12 de janeiro 2020, quando atingiu $0,93 \text{ m.s}^{-1}$. Neste ponto, a variação bidirecional de vazante e enchente foi de 70 a 250° , respectivamente. Em Penedinho, esta variou entre 100 a 291° . 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 28 e 29 de dezembro de 2019

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 28/12/2019.

Data	Hora	Vel.(m.s ⁻¹)	Direção (°)
28/12/2019	05:02	0.295	255
	06:00	0.204	254
	07:05	0.263	79
	08:00	0.479	75
	09:01	0.699	74
	10:05	0.730	73
	11:04	0.739	73
	12:00	0.683	72
	13:06	0.486	69
	14:01	0.151	86
	15:00	0.213	260
	16:05	0.364	255
	17:00	0.378	262



Figura 29: Dados hidrodinâmicos coletados durante a campanha fixa em Brejo Grande no dia 28/12/2019. 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 28-29/12/2019

Data	Hora	Vel.(m.s ⁻¹)	Direção (°)
28-29/12/2019	17:45	0.428	286
	18:45	0.114	274
	19:45	0.542	105
	20:45	0.685	100
	23:55	0.855	102
	00:45	0.727	102
	01:45	0.487	99
	02:45	0.183	268
	03:00	0.470	287
	04:45	0.428	288
	05:45	0.486	284
	06:45	0.288	237
	07:45	0.062	118



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 28-29/12/2019. As barras azuis representam a velocidade da corrente e a linha laranja a direção.

Campanhas fixas realizadas nos dias 12 e 13 de janeiro 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 Piaçabuçu-AL (Penedinho, ESF30), no dia 12/01/2020.

Data	Hora	Vel.(m.s ⁻¹)	Direção (°)
12/01/2020	05:01	0.450	284
	06:01	0.212	275
	07:00	0.398	99
	08:02	0.772	102
	09:00	0.862	101
	10:01	0.926	102
	11:05	0.917	100
	12:00	0.807	96
	13:03	0.651	96
	14:00	0.132	102
	15:05	0.434	290
	16:00	0.389	307
	17:00	0.419	286



Figura 31: Dados hidrodinâmicos coletados durante a campanha fixa da cidade de Piaçabuçu-AL (Penedinho, ESF30) no dia 12/01/2020. 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 12-13/01/2020

Data	Hora	Vel.(m.s ⁻¹)	Direção (°)
12-13/01/2020	17:30	0.287	252
	18:30	0.089	227
	19:30	0.492	73
	20:30	0.642	78
	21:30	0.769	75
	22:30	0.816	75
	23:30	0.612	90
	00:30	0.606	79
	01:30	0.494	88
	02:30	0.233	82
	03:30	0.198	257
	04:30	0.306	258
	05:30	0.330	263

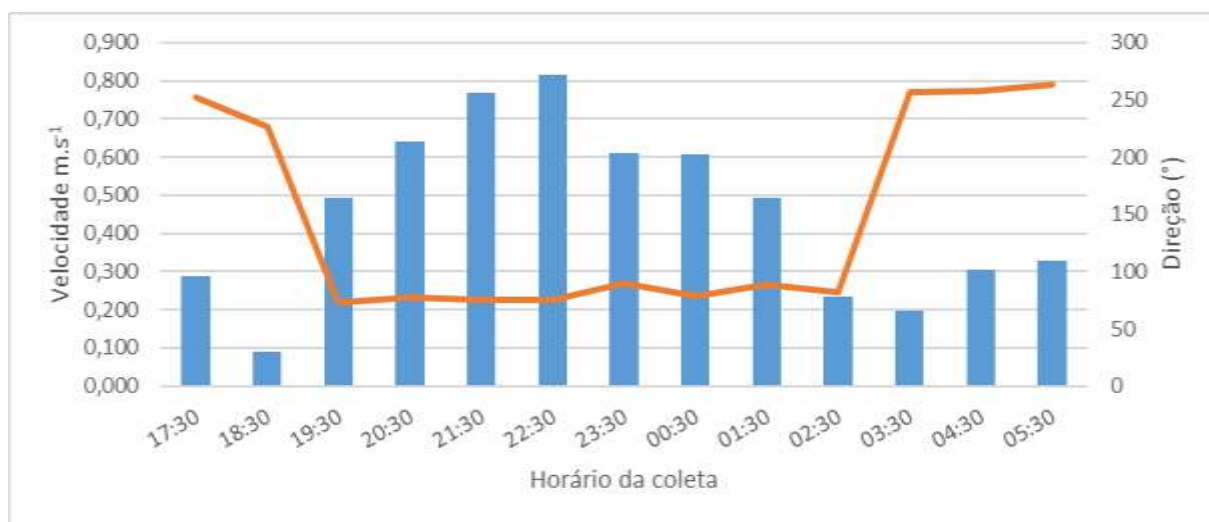


Figura 32: Dados hidrodinâmicos coletados durante a campanha fixa na bomba de captação de água da cidade de Brejo Grande – SE (ESF32), no dia 12-13/01/2020. As barras azuis representam a velocidade da corrente e a linha laranja a direção.

As Figuras 33 a 36 representam a distribuição temporal de salinidade da água das campanhas fixas de 12 horas, realizadas nos dias 28 e 29 de dezembro de 2019 e 12 e 13 de janeiro 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 0.05 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 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 pontos fixos

Salinidade

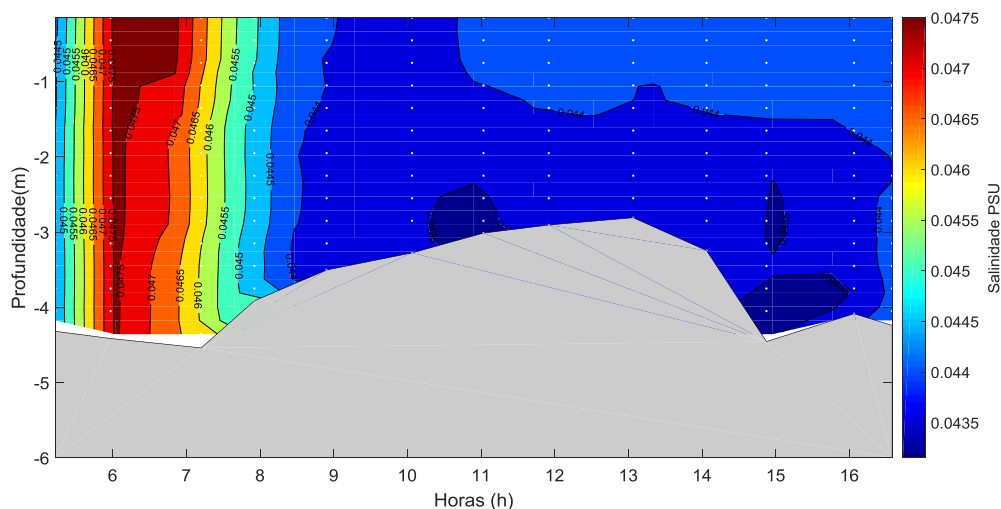


Figura 33: Distribuição temporal da salinidade da água durante o monitoramento fixo da cunha salina, realizado no dia 28 de dezembro de 2019, nas proximidades da bomba de captação de água da cidade de Brejo Grande - SE (ESF 32). Os pontos brancos representam o momento do dia da campanha quando os perfis foram realizados e o formato do fundo corresponde à variação do nível da coluna d'água ou o ponto máximo de alcance do CTD.

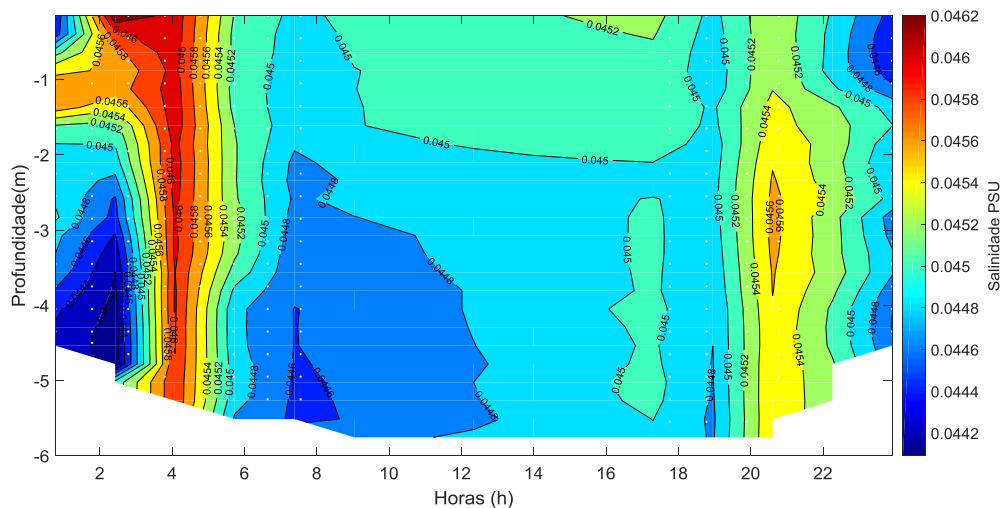


Figura 34: Distribuição temporal da salinidade da água durante o monitoramento fixo da cunha salina, realizado no dia 28-29 de dezembro de 2019, nas proximidades da bomba de captação de água da cidade de Piaçabuçu (Penedinho, ESF 30). Os pontos brancos representam o momento do dia da campanha quando 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.

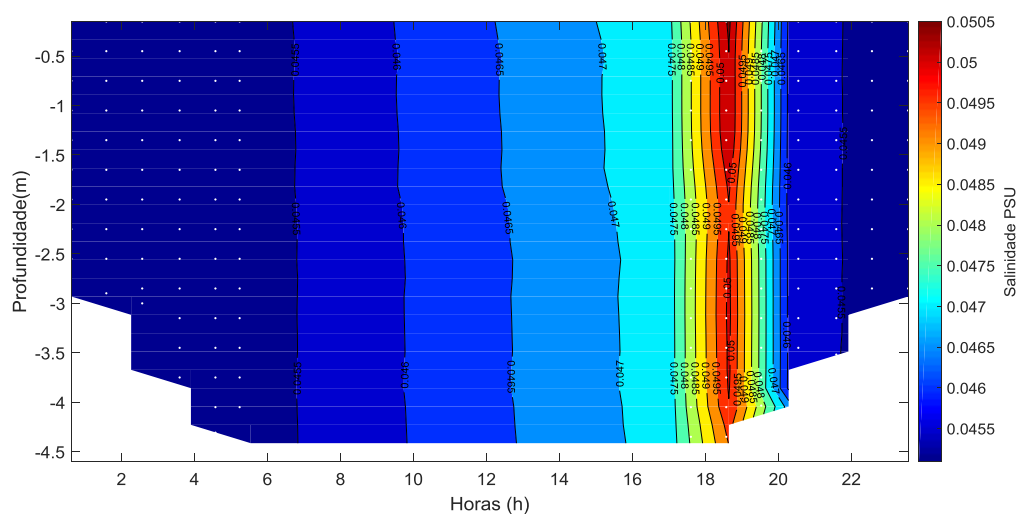


Figura 35: Distribuição temporal da salinidade da água durante o monitoramento fixo da cunha salina, realizado no dia 13 de janeiro de 2020, nas proximidades da bomba de captação de água da cidade de Piaçabuçu (Penedinho, ESF 30). Os pontos brancos representam o momento do dia da campanha quando os perfis foram realizados e o formato do fundo corresponde à variação do nível da coluna d'água ou o ponto máximo de alcance do CTD.

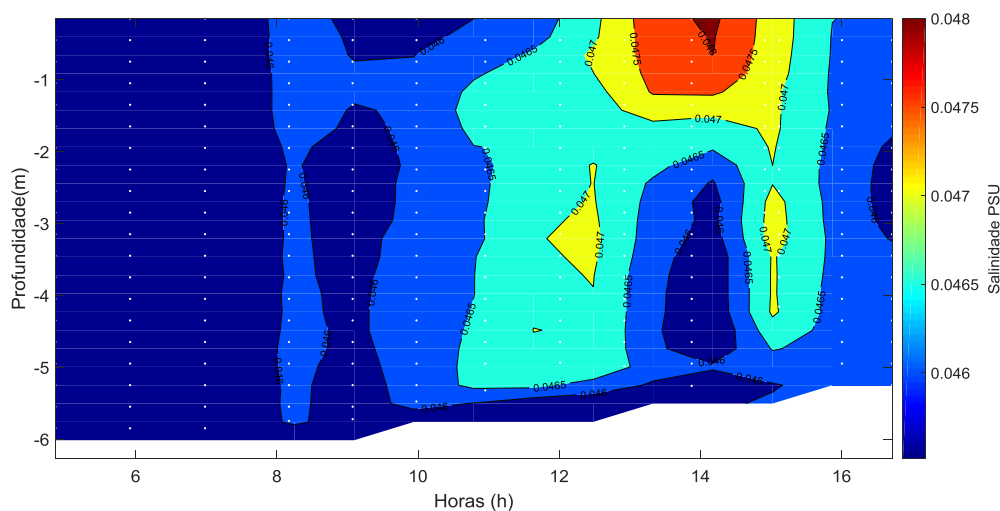


Figura 36: Distribuição temporal da salinidade da água durante o monitoramento fixo da cunha salina, realizado no dia 12-13 de janeiro de 2020, nas proximidades da bomba de captação de água da cidade de Brejo Grande - SE (ESF 32). Os pontos brancos representam o momento do dia da campanha quando os perfis 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

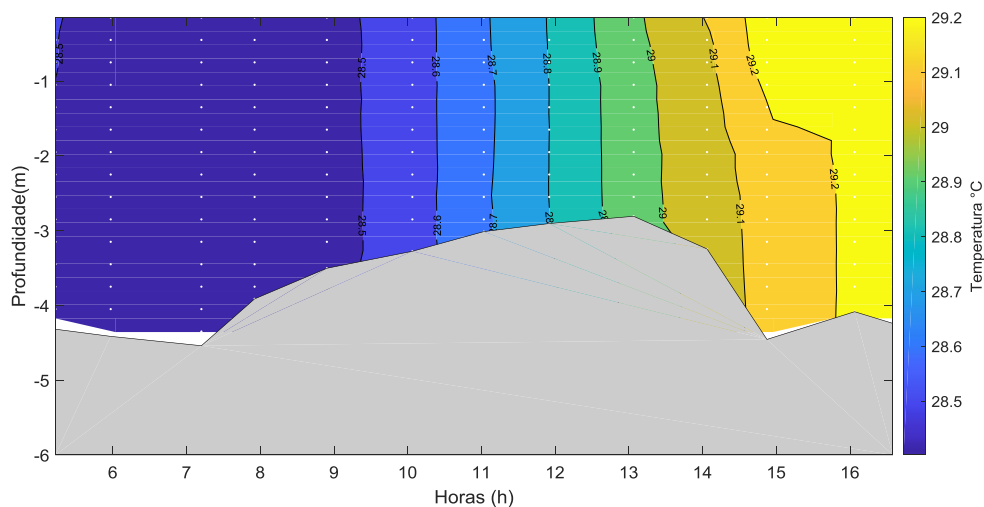


Figura 37: Distribuição temporal da temperatura da água durante o monitoramento fixo realizado no dia 28 de dezembro de 2019, nas proximidades da bomba de captação de água da cidade de Brejo Grande (ESF 32). Os pontos brancos representam o momento do dia da campanha quando os perfis foram realizados e o formato do fundo corresponde à variação do nível da coluna d'água ou o ponto máximo de alcance do CTD.

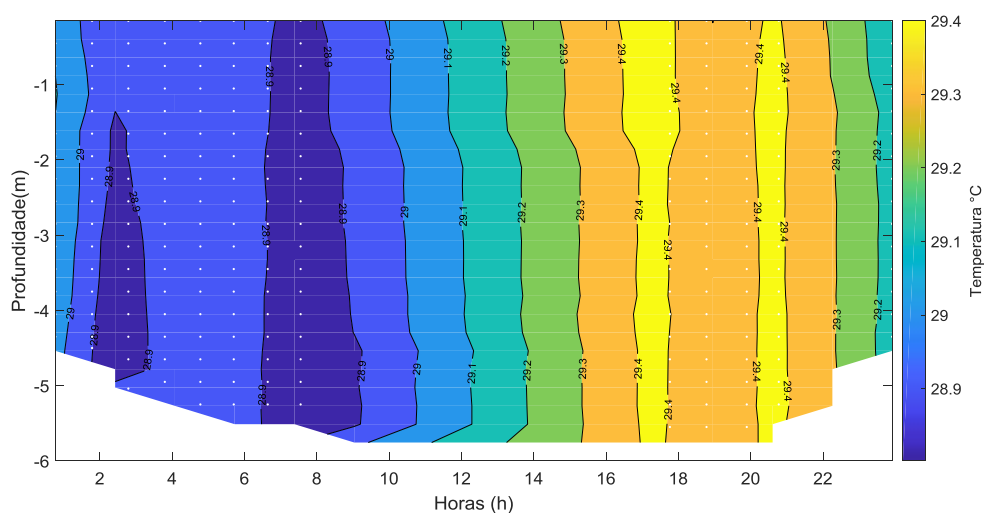


Figura 38: Distribuição temporal da temperatura para o monitoramento fixo de 12 horas da cunha salina, realizado no dia 28-29 de dezembro de 2019 nas proximidades da bomba de captação de água da cidade de Brejo Grande (ESF 32). Os pontos brancos representam o momento do dia da campanha quando os perfis foram realizados e o formato do fundo corresponde à variação do nível da coluna d'água ou o ponto máximo de alcance do CTD.

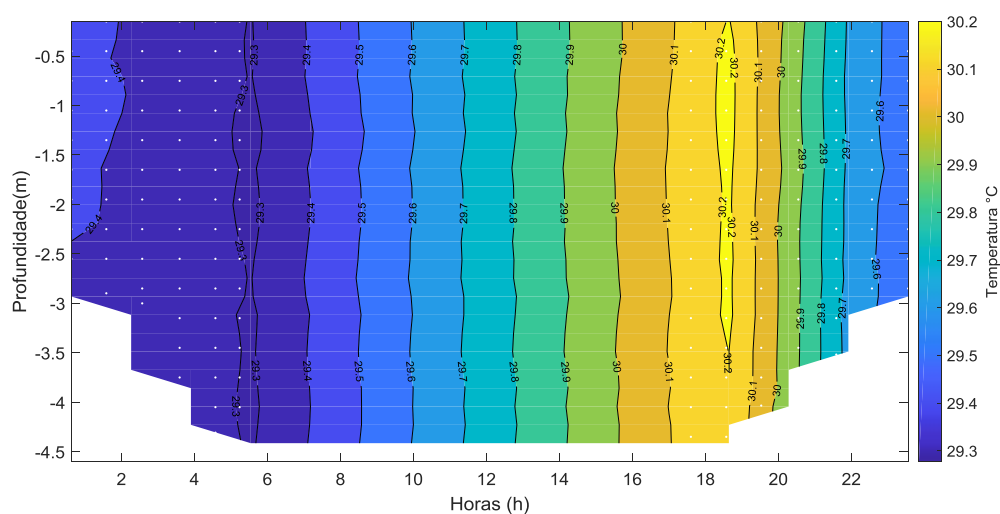


Figura 39: Distribuição temporal da temperatura para o monitoramento fixo de 12 horas da cunha salina, realizado no dia 12 de janeiro de 2020 nas proximidades da bomba de captação de água da cidade de Piaçabuçu (Penedinho, ESF 30). Os pontos brancos representam o momento do dia da campanha quando os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

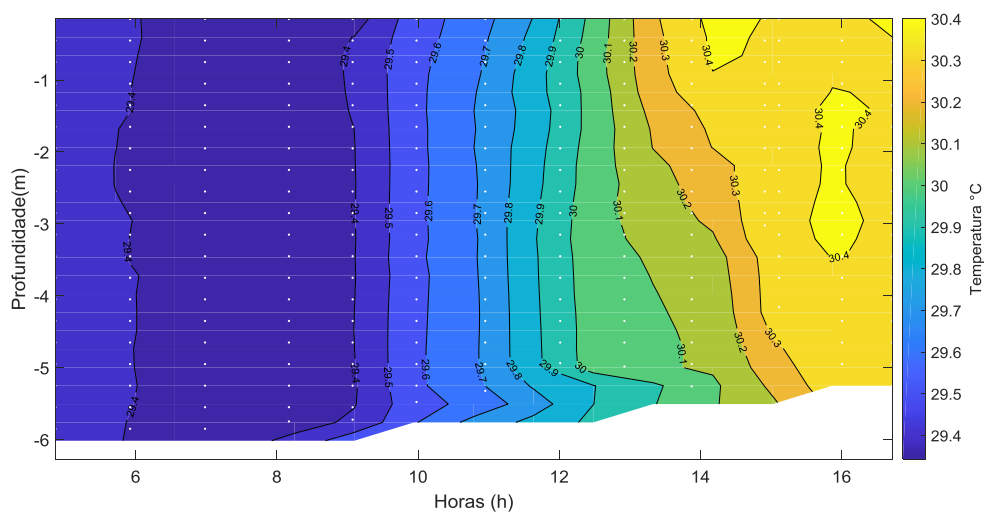


Figura 40: Distribuição temporal da temperatura para o monitoramento fixo de 12 horas da cunha salina, realizado no dia 12-13 de janeiro de 2020 nas proximidades da bomba de captação de água da cidade Brejo Grande-SE (ESF 32). Os pontos brancos representam o momento do dia da campanha quando os perfis 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 26 de dezembro de 2019 e 10 de janeiro de 2020 e máxima de 2,2 m nos dias 26 de dezembro de 2019 e 10 e 11 de janeiro de 2020. Os ventos sopraram de forma predominantes da direção sul 144°, com velocidades média de 4 m.s⁻¹, e a temperatura atmosférica média foi de 28,6 °C para o período de lua nova e 28,6°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 22 e ESF 23); onde a velocidade média das correntes foi de 0,41 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 estado 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 29°C.

E, por fim e mais importante, foi o comportamento da salinidade no Baixo São Francisco onde foi registrada nas campanhas móveis, a penetração da cunha salina durante a preamar entre os pontos ESF 23, distantes aproximadamente 13 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 superiores a 30 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 próximo de 30 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 janeiro/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 janeiro 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.