

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



ABRIL, 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

Abril / 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 07 e 08 de abril de 2020.	22
	Campanhas móveis realizadas nos dias 22 e 23 de Abril de 2020.	26
	Resultados do CTD	30
	MONITORAMENTO FIXO.....	40
	Dados hidrodinâmicos das campanhas fixas realizadas nos dias 09 e 10 de Abril de 2020	41
	Campanhas fixas realizadas nos dias 24 e 25 de Abril de 2020	43
	Resultados de salinidade e temperatura pontos fixos	46
5	Considerações finais	50



Índice de Figuras

Figura 1: Série histórica de 2010 a 2019 do acúmulo de água nos reservatórios ao longo do rio São Francisco. Fonte: < www.ana.gov.br >.....	10
Figura 2: Localização das estações de monitoramento da introdução da cunha salina no trecho inferior do rio São Francisco. A posição das estações está marcada em vermelho.....	11
Figura 3: Bomba de captação de água da cidade de Penedinho-AL.....	12
Figura 4: Instrumentos empregados na mensuração das variáveis meteorológicas e hidrológicas: CTD YSI CAsTaway (A), correntômetro Aquadopp Current Meter (B) e mini-estação Kestrel (C).	14
Figura 5: Variação média da velocidade (barras azuis) e da direção (linha azul) 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 07/04/2020.	22
Figura 6: Variação média da velocidade (barras azuis) e da direção (linha azul) 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 07/04/2020.	23
Figura 7: Variação média da velocidade (barras azuis) e da direção (linha azul) 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 08/04/2020.....	24
Figura 8: Variação média da velocidade (barras azuis) e da direção (linha azul) 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 08/04/2020.	25
Figura 9: Variação média da velocidade (barras azuis) e da direção (linha azul) 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 22/04/2020.	26
Figura 10: Variação média da velocidade (barras azuis) e da direção (linha azul) das correntes na coluna entre pelas estações de amostragem da cunha salina da foz do Rio São Francisco, durante a preamar da maré de sizígia (lua Nova) do dia 22/04/2020.	27
Figura 11: Variação média da velocidade (barras azuis) e da direção (linha azul) 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 23/04/2020.	28
Figura 12: Variação média da velocidade (barras azuis) e da direção (linha azul) 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 23/04/2020.	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 07 de Abril 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 07 de Abril 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 08 de Abril 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 08 de Abril 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 22 de Abril 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 22 de Abril 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 23 de Abril 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 23 de Abril 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 07 Abril 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 07 de Abril 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 08 de Abril 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 08 de Abril 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 22 de Abril 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 22 de Abril 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 23 de Abril 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 23 de Abril 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 08-09 de Abril de 2020. As barras azuis representam a velocidade da corrente e a linha azul a direção.....	41
Figura 30: Dados hidrodinâmicos coletados durante a campanha fixa na bomba de captação de água da cidade de Piaçabuçu-AL (Penedinho, ESF 30), no dia 09 de abril. As barras azuis representam a velocidade da corrente e a linha azul a direção.	42
Figura 31: Dados hidrodinâmicos coletados durante a campanha fixa da cidade de Piaçabuçu-AL (Penedinho, ESF30) no dia 24 de Abril de 2020. As barras azuis representam a velocidade da corrente e a linha azul a direção.	43



Figura 32: Dados hidrodinâmicos coletados durante a campanha fixa na bomba de captação de água da cidade de Brejo Grande – SE (ESF32), no dia 25 de Abril de 2020. As barras azuis representam a velocidade da corrente e a linha azul a direção.	44
Figura 33: Distribuição temporal da salinidade da água durante o monitoramento fixo da cunha salina, realizado no dia 08-09 de Abril 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 34: Distribuição temporal da salinidade da água durante o monitoramento fixo da cunha salina, realizado no dia 09 de Abril 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 35: Distribuição temporal da salinidade da água durante o monitoramento fixo da cunha salina, realizado no dia 24 de Abril 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 25 de Abril 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 08-09 de Abril 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 09 de Abril 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 24 de Abril 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 25 de Abril 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 (07 e 08/04/2020) e lua cheia (22 e 23/04/2020). Dados relativos ao Terminal Marítimo Inácio Barbosa - SE (DHN).....	15
Tabela 3: Dados da direção, velocidade do vento e temperatura atmosférica em cada estação de amostragem da cunha salina e médias de cada parâmetro, durante a baixamar da maré de sizígia (lua cheia) do dia 07/04/2020, na foz do Rio São Francisco.	16
Tabela 4: Dados da direção e velocidade do vento e temperatura atmosférica em cada estação de amostragem da cunha salina e médias de cada parâmetro, durante a preamar da maré de sizígia (lua cheia) do dia 07/04/2020, na foz do Rio São Francisco.	16
Tabela 5: Dados da direção e velocidade do vento e temperatura atmosférica em cada estação de amostragem da cunha salina e médias para cada parâmetro, durante a baixamar da maré de sizígia (lua cheia) do dia 08/04/2020 na foz do Rio São Francisco.	17
Tabela 6: Dados da direção e velocidade do vento e temperatura atmosférica em cada estação de amostragem da cunha salina, durante a preamar da maré de sizígia (lua cheia) do dia 08/04/2020, na foz do Rio São Francisco.....	17
Tabela 7: Dados da direção e velocidade do vento e temperatura atmosférica em cada estação de amostragem da cunha salina e médias de cada parâmetro, durante a baixamar da maré de sizígia (lua nova) do dia 22/04/2020, na foz do Rio São Francisco.	18
Tabela 8: Dados da direção e velocidade do vento e temperatura do ar em cada estação de amostragem da cunha salina e média de cada parâmetro, durante a preamar da maré de sizígia (lua nova) do dia 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 nova) do dia 23/04/2020, na foz do Rio São Francisco.	19
Tabela 10: Dados da direção e velocidade do vento e temperatura do ar em cada estação de amostragem da cunha salina e média de cada parâmetro, durante a preamar da maré de sizígia (lua nova) do dia 23/04/2020, 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 Abril 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 07/04/2020, 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 07/04/2020, 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 08/04/2020, 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 08/04/2020, 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 22/04/2020, 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 22/04/2020, na foz do Rio São Francisco.....	27
Tabela 18: Dados médio de velocidade e direção da coluna d'água em cada estação de amostragem da cunha salina, durante a baixamar da maré de sizígia (lua Nova) do dia 23/04/2020, na foz do Rio São Francisco.....	28

Tabela 19: Dados médio de velocidade e direção da coluna d'água em cada estação de amostragem da cunha salina, durante a preamar da maré de sizígia (lua Nova) do dia 23/04/2020, 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 08-09 de Abril 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 09 de Abril 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 24 de Abril 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 25 de Abril 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 as defluências adotadas desde o dia 23 de outubro estão 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.

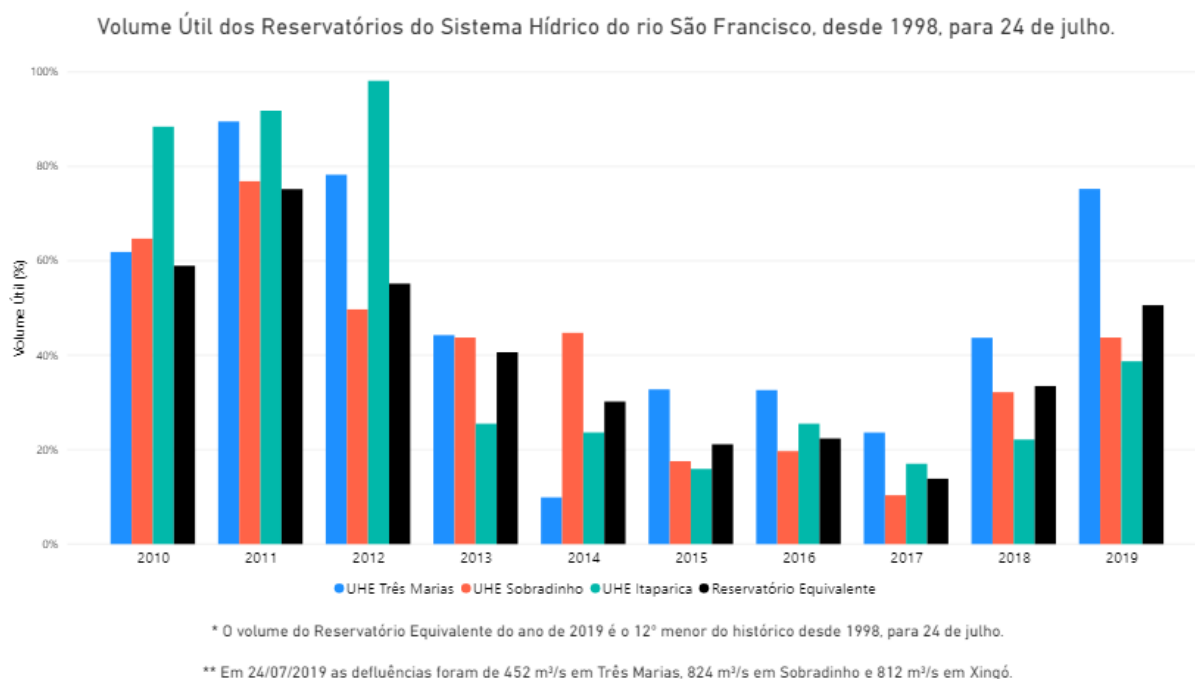


Figura 1: Série histórica de 2010 a 2019 do acúmulo de água nos reservatórios ao longo do rio São Francisco. Fonte: <www.ana.gov.br>.

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).

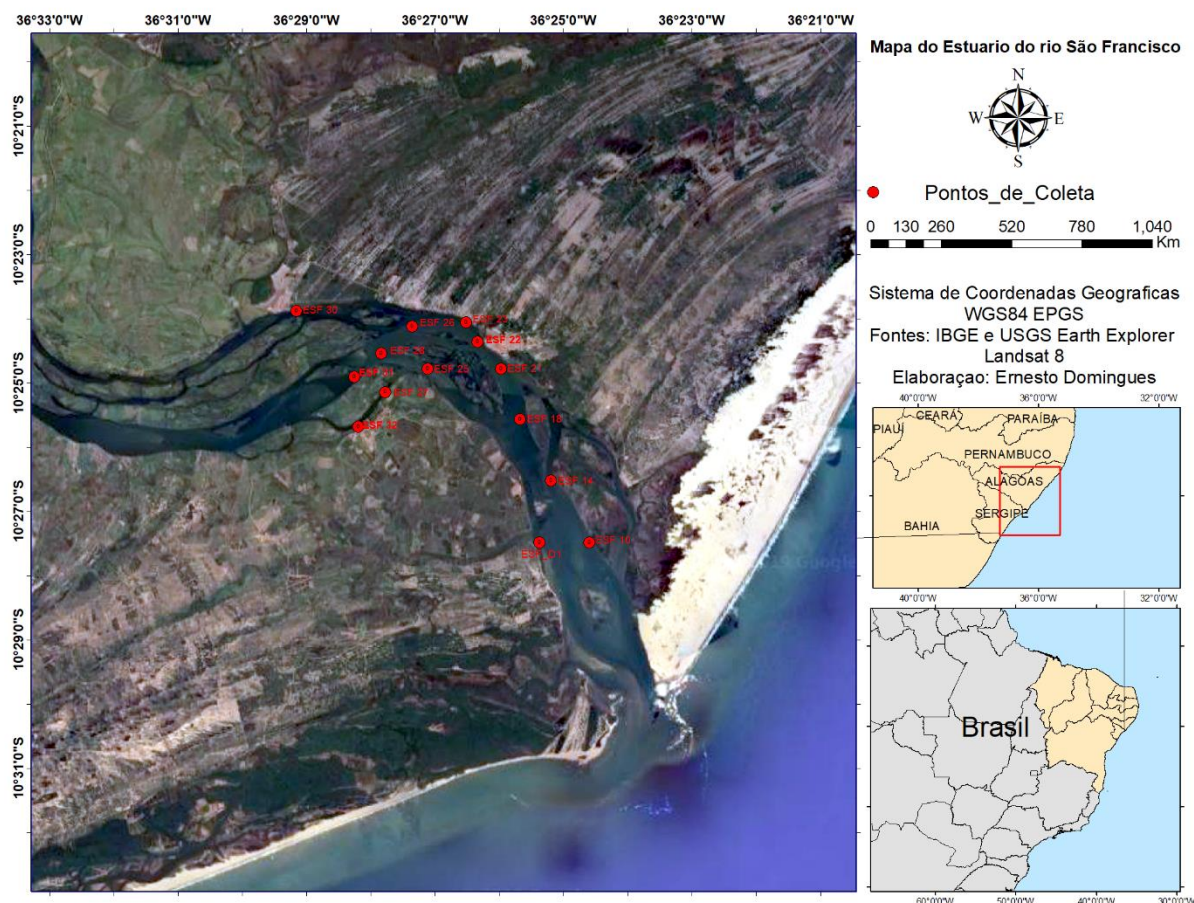


Figura 2: Localização das estações de monitoramento da introdução da cunha salina no trecho inferior do rio São Francisco. A posição das estações está marcada em vermelho.

3 Metodologia

O monitoramento da cunha salina referente ao no mês de Abril de 2020 foi realizado nos picos mensais de marés de sizígia (lua cheia e lua nova). Foram executadas campanhas hidrológicas móveis (lagrangeanas) em dois ciclos completos de maré, com coletas de dados em 14 estações, distribuídas entre a foz do rio (ESF 10 e D1; **Erro! Fonte de referência não encontrada.**), a cidade de Piaçabuçu –AL (ESF 21 e 22), o distrito de Penedinho – AL (ESF 30) e a cidade de Brejo Grande- SE (ESF 30). Em cada lua de sizígia também foram feitas duas campanhas fixas (eulerianas) de 12 horas nas proximidades das bombas de captação de água dos municípios de Piaçabuçu-AL (no distrito rural de Penedinho, Figura 03) e Brejo Grande - SE.



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

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

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

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

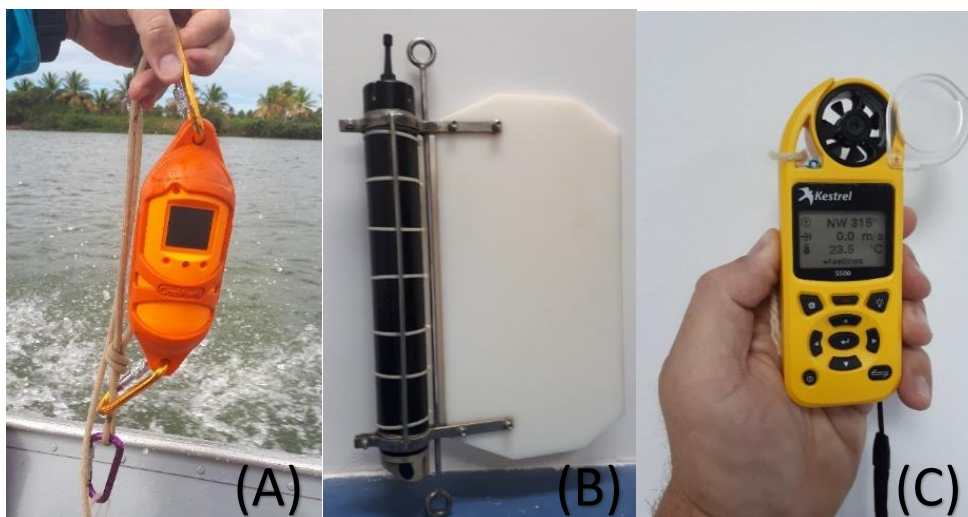


Figura 4: Instrumentos empregados na mensuração das variáveis meteorológicas e hidrológicas: CTD YSI CAsTaway (A), correntômetro Aquadopp Current Meter (B) e mini-estação Kestrel (C).

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

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

4 Resultados

Monitoramentos móveis (longitudinais)

Ficha de Monitoramento dos Pontos de Controle

Na Tabela 2, estão apresentados os valores de altura das marés de baixamar e preamar durante os dias de amostragem, nas duas fases lunares (nova e cheia) relativas às marés de sizígia. Os dados relativos às variáveis meteorológicas (velocidade e direção do vento e temperatura do ar) e suas respectivas médias constam das Tabelas 3 e 4 (lua cheia) e das Tabelas 5 a 8 (lua nova).

Tabela 2: Dados de altura da maré durante as fases de lua nova (07 e 08/04/2020) e lua cheia (22 e 23/04/2020). Dados relativos ao Terminal Marítimo Inácio Barbosa - SE (DHN).

Campanhas móveis			
Lua	Datas	Hora	Alt. da Maré (m)
Cheia	07/04/2020	3:04	2.3
		09:09	0
		15:21	2.4
		21:38	-0.1
	08/04/2020	03:49	2.3
		09:54	0
		16:06	2.5
		22:21	-0.1
Nova	22/04/2020	03:15	2.1
		09:21	0.3
		15:28	2.1
		21:39	0.2
	23/04/2020	03:49	2.1
		09:54	0.3
		16:02	2.1
		22:11	0.3

Tabela 3: Dados da direção, velocidade do vento e temperatura atmosférica em cada estação de amostragem da cunha salina e médias de cada parâmetro, durante a baixamar da maré de sizígia (lua cheia) do dia 07/04/2020, na foz do Rio São Francisco.

Data	Hora	Estação	Direção (°)	Vel. (m.s ⁻¹)	Temp. ar (°C)
07/04/2020	08:03	ESF_D1	97	2.4	30.3
	08:20	ESF 10	132	2.7	32.4
	08:35	ESF 14	130	2.5	32
	08:50	ESF 18	90	1.5	32.4
	09:03	ESF 21	150	3.7	31.4
	09:16	ESF 22	130	2.3	31.3
	09:27	ESF 23	144	2.7	34.01
	09:44	ESF 26	120	3	32.1
	10:05	ESF 30	140	2.6	33.6
	10:24	ESF 28	176	3.6	31.3
	10:40	ESF 31	135	2.5	31.9
	10:57	ESF 32	200	2.8	34
	11:01	ESF 27	0	0.8	35.7
	11:16	ESF 25	130	3	34.7
Média			131	2.65	32.25

Tabela 4: Dados da direção e velocidade do vento e temperatura atmosférica em cada estação de amostragem da cunha salina e médias de cada parâmetro, durante a preamar da maré de sizígia (lua cheia) do dia 07/04/2020, na foz do Rio São Francisco.

Data	Hora	Estação	Direção (°)	Vel. (m.s ⁻¹)	Temp. ar (°C)
07/04/2020	14:46	ESF_D1	125	4	30.5
	15:00	ESF 10	130	2.2	31.2
	15:11	ESF 14	140	2.5	32.2
	15:26	ESF 18	129	7.4	30.6
	15:30	ESF 21	161	3	30.8
	15:45	ESF 22	137	3	30.6
	15:54	ESF 23	90	2.2	31.2
	16:01	ESF 26	145	2.7	30.8
	00:00	ESF 30	0	0	0
	16:00	ESF 28	110	3.5	30.5
	16:26	ESF 31	150	2	30.5
	16:41	ESF 32	171	0.9	32
	16:50	ESF 27	0	0	32
	17:00	ESF 25	170	2.7	29.6
Média			134	2.6	30.7

Tabela 5: Dados da direção e velocidade do vento e temperatura atmosférica em cada estação de amostragem da cunha salina e médias para cada parâmetro, durante a baixamar da maré de sizígia (lua cheia) do dia 08/04/2020 na foz do Rio São Francisco.

Data	Hora	Estação	Direção (°)	Vel. (m.s ⁻¹)	Temp. ar (°C)
08/04/2020	08:21	ESF_D1	175	0.3	29.5
	08:35	ESF 10	108	6.8	30.6
	08:48	ESF 14	144	2.4	31.3
	09:06	ESF 18	166	2.3	33.7
	09:21	ESF 21	118	0.9	32.1
	09:40	ESF 22	194	1.7	32.0
	09:48	ESF 23	16	1.8	32.8
	10:04	ESF 26	215	3	32
	10:25	ESF 30	188	1.7	33.5
	10:40	ESF 28	206	4	32
	10:50	ESF 31	190	2	33.1
	11:10	ESF 32	200	1.6	35
	11:18	ESF 27	234	1.6	33
	11:28	ESF 25	197	3.9	32.2
	Média			189	2

Tabela 6: Dados da direção e velocidade do vento e temperatura atmosférica em cada estação de amostragem da cunha salina, durante a preamar da maré de sizígia (lua cheia) do dia 08/04/2020, na foz do Rio São Francisco.

Data	Hora	Estação	Direção (°)	Vel. (m.s ⁻¹)	Temp. ar (°C)
08/04/2020	14:44	ESF_D1	120	4.6	30.1
	14:55	ESF 10	127	2.8	30.9
	15:04	ESF 14	153	3.3	30.5
	15:14	ESF 18	153	4.5	30.2
	15:24	ESF 21	163	3.4	30.5
	15:36	ESF 22	150	3.7	30.5
	15:44	ESF 23	165	3.9	30.4
	15:53	ESF 26	151	2.6	30.8
	16:07	ESF 30	127	3.3	30.6
	16:27	ESF 28	176	2.7	29.9
	16:32	ESF 31	143	2.2	30.3
	16:50	ESF 32	125	2	30.2
	16:54	ESF 27	131	1.2	29.3
	17:05	ESF 25	154	4.8	29.2
	Média			151	3.3

Tabela 7: Dados da direção e velocidade do vento e temperatura atmosférica em cada estação de amostragem da cunha salina e médias de cada parâmetro, durante a baixamar da maré de sizígia (lua nova) do dia 22/04/2020, na foz do Rio São Francisco.

Data	Hora	Estação	Direção (°)	Vel. (m.s ⁻¹)	Temp. ar (°C)
22/04/2020	08:05	ESF_D1	273	2.1	28.2
	08:18	ESF 10	263	2.8	28.9
	08:33	ESF 14	272	1.5	28.7
	08:45	ESF 18	274	2	29.4
	08:56	ESF 21	247	1.9	29.4
	09:07	ESF 22	191	2.3	29.2
	09:14	ESF 23	219	3.4	28.9
	09:27	ESF 26	216	2.1	30.1
	09:30	ESF 30	224	1.3	26.2
	09:39	ESF 28	200	3.2	30
	09:48	ESF 31	172	2	30.3
	10:04	ESF 32	227	2	30.8
	10:13	ESF 27	220	1.8	30.9
	10:20	ESF 25	199	2.9	29.6
Média			222	2.05	29.4

Tabela 8: Dados da direção e velocidade do vento e temperatura do ar em cada estação de amostragem da cunha salina e média de cada parâmetro, durante a preamar da maré de sizígia (lua nova) do dia 09/02/2020, na foz do Rio São Francisco.

Data	Hora	Estação	Direção (°)	Vel. (m.s ⁻¹)	Temp. ar (°C)
22/04/2020	14:35	ESF_D1	204	3.6	29.1
	14:46	ESF 10	176	4.8	29.8
	14:57	ESF 14	226	4.9	28.9
	15:09	ESF 18	234	5.9	29.3
	15:18	ESF 21	195	3.4	29.6
	15:27	ESF 22	203	2.1	30.4
	15:35	ESF 23	206	3.3	30.1
	15:45	ESF 26	211	4.1	29.7
	15:30	ESF 30	134	2.4	27.9
	15:54	ESF 28	184	3.8	29.6
	16:02	ESF 31	187	2.4	29.7
	16:15	ESF 32	208	3.4	29.5
	16:24	ESF 27	203	1.9	29.5
	16:33	ESF 25	175	2.6	29
Média			203	3.4	29.55

Tabela 9: Dados da direção e velocidade do vento e temperatura do ar em cada estação de amostragem da cunha salina e média de cada parâmetro, durante a baixamar da maré de sizígia (lua nova) do dia 23/04/2020, na foz do Rio São Francisco.

Data	Hora	Estação	Direção (°)	Vel. (m.s ⁻¹)	Temp. ar (°C)
23/04/2020	08:09	ESF_D1	335	2.8	27.7
	08:21	ESF 10	354	4.2	27.1
	08:33	ESF 14	354	3.6	27.4
	08:44	ESF 18	354	2.7	27.6
	08:54	ESF 21	337	2.2	28.7
	09:04	ESF 22	347	1.5	29
	09:13	ESF 23	323	2.2	28.6
	09:24	ESF 26	304	2	28.9
	09:29	ESF 30	224	1.3	26.2
	09:34	ESF 28	278	2.6	28.9
	09:42	ESF 31	334	1.4	28.2
	09:58	ESF 32	287	1.6	28.8
	10:08	ESF 27	324	2	27.3
	10:19	ESF 25	323	3.4	27.2
Média			329	2.2	27.95

Tabela 10: Dados da direção e velocidade do vento e temperatura do ar em cada estação de amostragem da cunha salina e média de cada parâmetro, durante a preamar da maré de sizígia (lua nova) do dia 23/04/2020, na foz do Rio São Francisco.

Data	Hora	Estação	Direção (°)	Vel. (m.s ⁻¹)	Temp. ar (°C)
23/04/2020	15:18	ESF_D1	113	3.3	28
	15:28	ESF 10	115	2.4	28
	15:39	ESF 14	78	1.9	28
	15:56	ESF 18	316	1.6	26.7
	16:09	ESF 21	292	0.8	27.5
	16:18	ESF 22	120	1	27
	16:26	ESF 23	129	1	27
	16:38	ESF 26	154	1.6	28.1
	16:30	ESF 30	85	1	27.4
	16:47	ESF 28	136	2.3	27.2
	16:55	ESF 31	114	0.7	27.1
	17:08	ESF 32	133	0.6	27.1
	17:15	ESF 27	128	0.5	27.1
	17:23	ESF 25	86	1	27.3
Média			124	1	27.25

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 foram 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**).

No período analisado no presente relatório, os ventos sopraram predominantemente da direção de 187°, com velocidade média de 2,59 m.s⁻¹. Os ventos mais intensos foram registrados no período de lua cheia, apresentando médias de 7,4 m.s⁻¹, enquanto a média da temperatura atmosférica média foi de 32,3°C (Tabela 11).

Na fase de lua nova, a direção predominante do vento foi leste (221,8°), com velocidade média de 2,4 m.s⁻¹ e temperatura média do ar de 33°C (Tabela 11). Na fase de lua cheia, o vento apresentou direção predominante sudeste (151°), com velocidade média de 2,8 m.s⁻¹ e temperatura média do ar de 31,6°C (Tabela 11).

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

	Médias gerais dos dados de vento								
	Direção (°)			Velocidade (m.s-1)			Temperatura do ar (°C)		
	Mín	Méd	Máx	Mín	Méd	Máx	Mín	Méd	Máx
Lua Cheia	16.00	151.50	360.00	0.30	2.80	7.40	29.20	31.56	35.70
Lua Nova	78.00	221.79	354.00	0.50	2.38	5.90	26.20	33.05	281.00
Média	47.00	186.64	357.00	0.40	2.59	6.65	27.70	32.30	158.35

Dados hidrodinâmicos

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

Na fase de lua nova, a velocidade da coluna d'água apresentou média de $0,49 \text{ m.s}^{-1}$, a estação amostral que apresentou a maior intensidade de corrente foi a estação ESF 14, no dia 07 de abril velocidade de 1.041 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 na baixamar a média foi de 0.7 m.s^{-1} .

Campanhas móveis realizadas nos dias 07 e 08 de abril 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 07/04/2020, na foz do Rio São Francisco.

Data	Hora	Estação	Vel.(m.s ⁻¹)	Direção (°)
07/04/2020	08:03	ESF_D1	1.041	209
	08:20	ESF 10	0.804	180
	08:35	ESF 14	0.719	186
	08:50	ESF 18	0.773	187
	09:03	ESF 21	0.585	166
	09:16	ESF 22	0.864	166
	09:27	ESF 23	0.961	140
	09:44	ESF 26	0.699	94
	10:05	ESF 30	0.671	112
	10:24	ESF 28	0.648	66
	10:40	ESF 31	0.633	80
	10:57	ESF 32	0.573	73
	11:01	ESF 27	0.554	63
	11:16	ESF 25	0.393	130

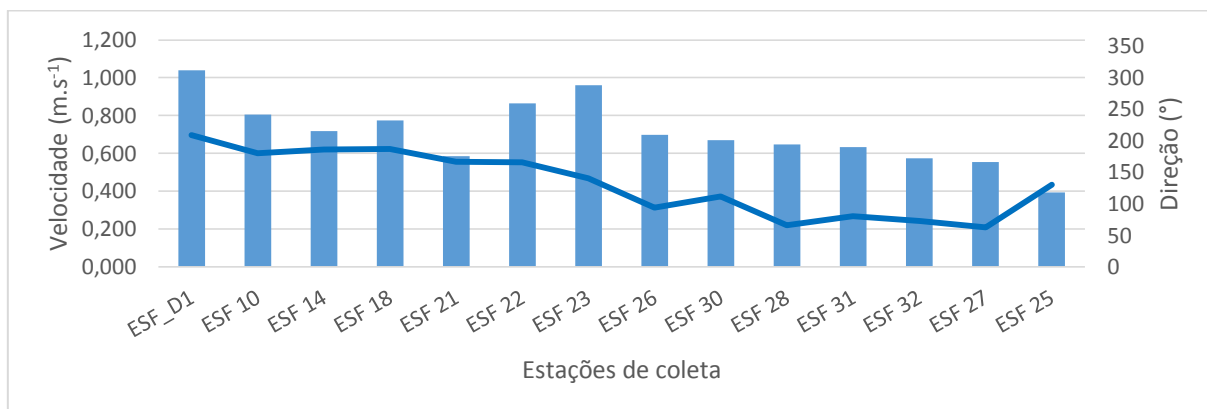


Figura 5: Variação média da velocidade (barras azuis) e da direção (linha azul) das correntes na coluna entre pelas estações de amostragem da cunha salina da foz do Rio São Francisco, durante a preamar da maré de sizígia (lua nova) do dia 07/04/2020.

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

Data	Hora	Estação	Vel.(m.s ⁻¹)	Direção (°)
07/04/2020	14:46	ESF_D1	0.542	163
	15:00	ESF 10	0.503	174
	15:11	ESF 14	0.687	174
	15:26	ESF 18	0.550	70
	15:30	ESF 21	0.374	341
	15:45	ESF 22	0.694	355
	15:54	ESF 23	0.221	342
	16:01	ESF 26	0.278	260
	16:07	ESF 30	0.417	286
	16:00	ESF 28	0.196	265
	16:26	ESF 31	0.343	242
	16:41	ESF 32	0.154	254
	16:50	ESF 27	0.056	235
	17:00	ESF 25	0.095	151

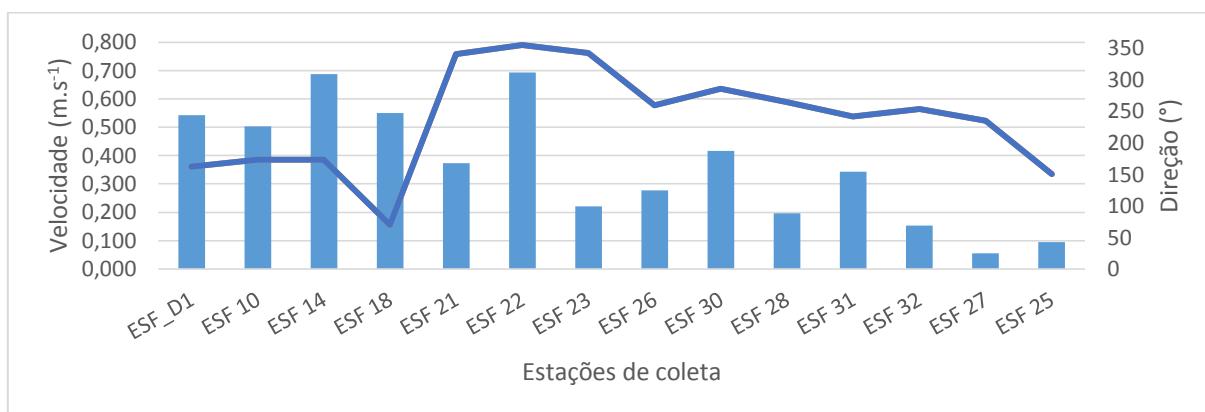


Figura 6: Variação média da velocidade (barras azuis) e da direção (linha azul) das correntes na coluna entre pelas estações de amostragem da cunha salina da foz do Rio São Francisco, durante preamar da maré de sizígia (lua nova) do dia 07/04/2020.

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 08/04/2020, na foz do Rio São Francisco.

Data	Hora	Estação	Vel.(m.s ⁻¹)	Direção (°)
08/04/2020	08:21	ESF_D1	0.992	183
	08:35	ESF 10	0.553	242
	08:48	ESF 14	0.737	162
	09:06	ESF 18	0.791	186
	09:21	ESF 21	0.779	167
	09:40	ESF 22	0.787	163
	09:48	ESF 23	0.714	170
	10:04	ESF 26	0.766	94
	10:25	ESF 30	0.673	113
	10:40	ESF 28	0.804	63
	10:50	ESF 31	0.718	83
	11:10	ESF 32	0.611	73
	11:18	ESF 27	0.529	56
	11:28	ESF 25	0.400	142

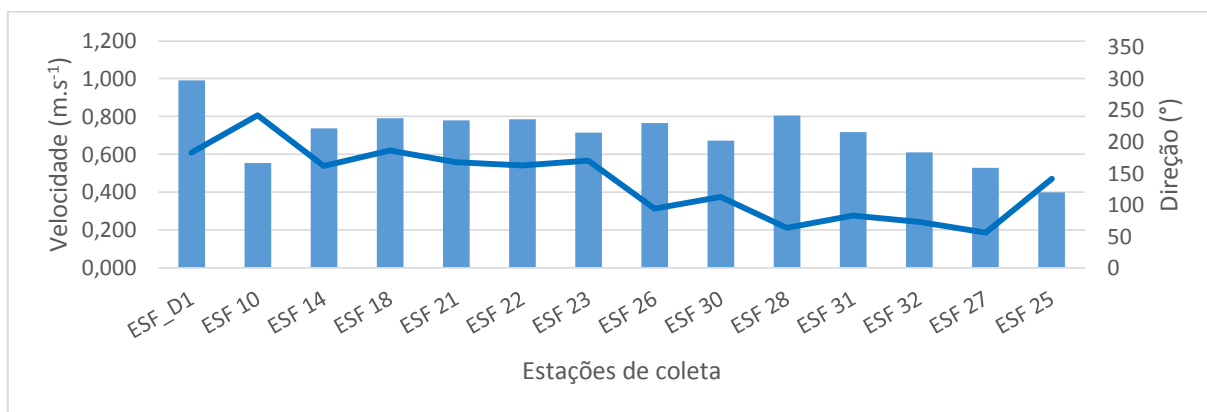


Figura 7: Variação média da velocidade (barras azuis) e da direção (linha azul) das correntes na coluna entre pelas estações de amostragem da cunha salina da foz do Rio São Francisco, durante baixamar da maré de sizígia (lua nova) do dia 08/04/2020.

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 08/04/2020, na foz do Rio São Francisco.

Data	Hora	Estação	Vel.(m.s ⁻¹)	Direção (°)
08/04/2020	14:44	ESF_D1	0.443	360
	14:55	ESF 10	0.243	199
	15:04	ESF 14	0.773	345
	15:14	ESF 18	0.512	54
	15:24	ESF 21	0.388	336
	15:36	ESF 22	0.830	344
	15:44	ESF 23	0.360	321
	15:53	ESF 26	0.413	272
	16:07	ESF 30	0.417	286
	16:27	ESF 28	0.301	255
	16:32	ESF 31	0.464	251
	16:50	ESF 32	0.265	266
	16:54	ESF 27	0.211	219
	17:05	ESF 25	0.237	319

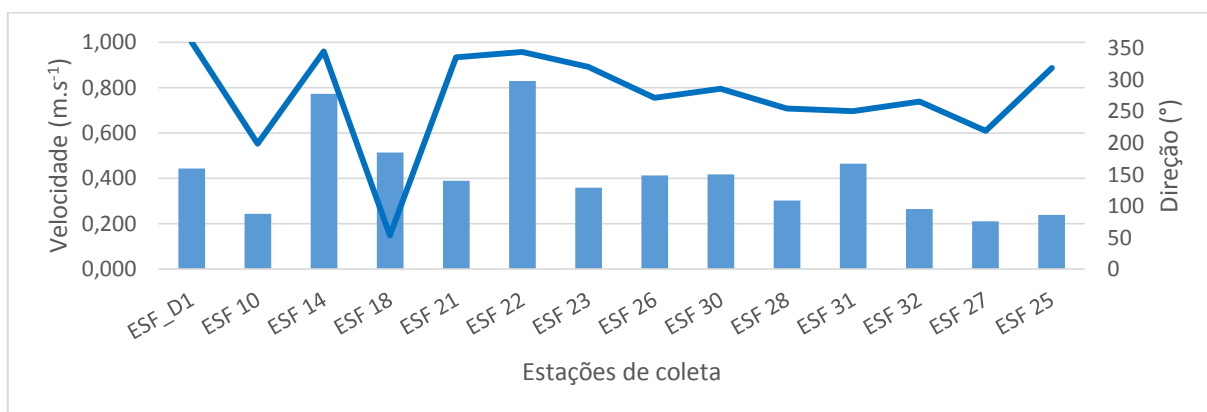


Figura 8: Variação média da velocidade (barras azuis) e da direção (linha azul) das correntes na coluna entre pelas estações de amostragem da cunha salina da foz do Rio São Francisco, durante a preamar da maré de sizígia (lua cheia) do dia 08/04/2020.

Campanhas móveis realizadas nos dias 22 e 23 de Abril 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 22/04/2020, na foz do Rio São Francisco.

Data	Hora	Estação	Vel.(m.s ⁻¹)	Direção (°)
22/04/2020	08:05	ESF_D1	0.770	184
	08:18	ESF 10	0.725	139
	08:33	ESF 14	0.661	183
	08:45	ESF 18	0.688	189
	08:56	ESF 21	0.642	167
	09:07	ESF 22	0.737	163
	09:14	ESF 23	0.954	139
	09:27	ESF 26	0.696	90
	09:30	ESF 30	0.734	105
	09:39	ESF 28	0.741	64
	09:48	ESF 31	0.638	75
	10:04	ESF 32	0.503	74
	10:13	ESF 27	0.523	62
	10:20	ESF 25	0.512	139

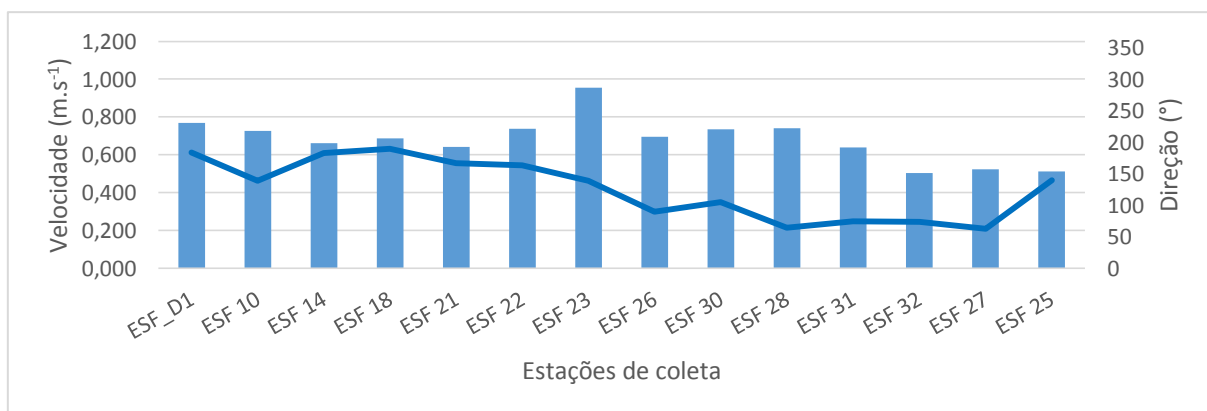

Figura 9: Variação média da velocidade (barras azuis) e da direção (linha azul) das correntes na coluna entre pelas estações de amostragem da cunha salina da foz do Rio São Francisco, durante a baixamar da maré de sizígia (lua Nova) do dia 22/04/2020.

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 22/04/2020, na foz do Rio São Francisco.

Data	Hora	Estação	Vel.(m.s ⁻¹)	Direção (°)
22/04/2020	14:35	ESF_D1	0.374	257
	14:46	ESF 10	0.594	178
	14:57	ESF 14	0.615	354
	15:09	ESF 18	0.379	12
	15:18	ESF 21	0.278	334
	15:27	ESF 22	0.520	346
	15:35	ESF 23	0.189	224
	15:45	ESF 26	0.258	277
	15:30	ESF 30	0.374	288
	15:54	ESF 28	0.175	256
	16:02	ESF 31	0.254	254
	16:15	ESF 32	0.151	230
	16:24	ESF 27	0.061	239
	16:33	ESF 25	0.111	309

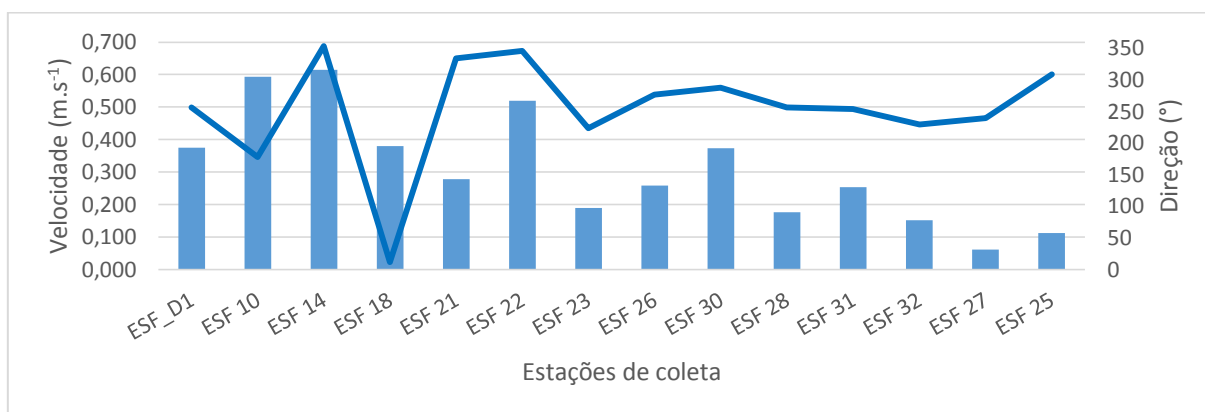


Figura 10: Variação média da velocidade (barras azuis) e da direção (linha azul) das correntes na coluna entre pelas estações de amostragem da cunha salina da foz do Rio São Francisco, durante a preamar da maré de sizígia (lua Nova) do dia 22/04/2020.

Tabela 18: Dados médio de velocidade e direção da coluna d'água em cada estação de amostragem da cunha salina, durante a baixamar da maré de sizígia (lua Nova) do dia 23/04/2020, na foz do Rio São Francisco.

Data	Hora	Estação	Vel.(m.s ⁻¹)	Direção (°)
23/04/2020	08:09	ESF_D1	0.785	181
	08:21	ESF 10	0.654	161
	08:33	ESF 14	0.778	189
	08:44	ESF 18	0.796	183
	08:54	ESF 21	0.483	154
	09:04	ESF 22	0.881	165
	09:13	ESF 23	0.905	136
	09:24	ESF 26	0.701	90
	09:29	ESF 30	0.734	105
	09:34	ESF 28	0.695	63
	09:42	ESF 31	0.678	84
	09:58	ESF 32	0.645	77
	10:08	ESF 27	0.542	56
	10:19	ESF 25	0.555	140

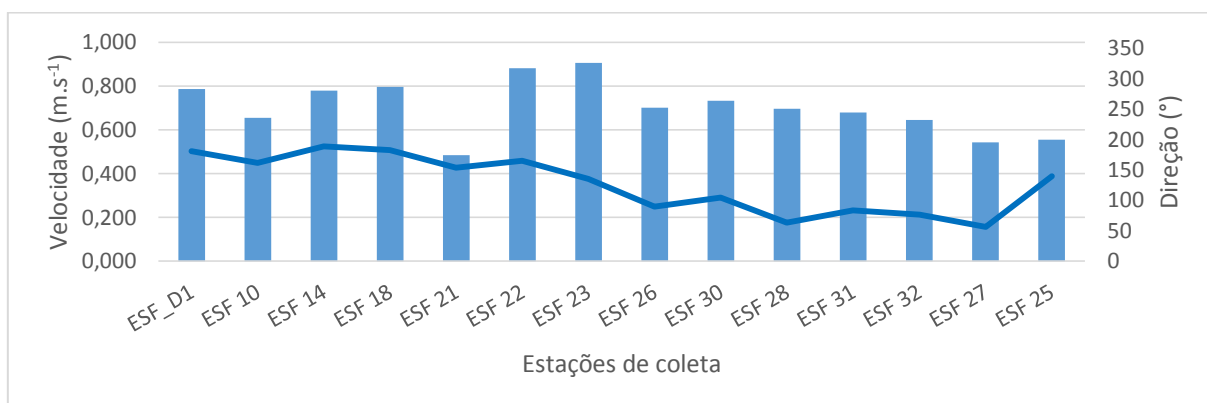


Figura 11: Variação média da velocidade (barras azuis) e da direção (linha azul) das correntes na coluna entre pelas estações de amostragem da cunha salina da foz do Rio São Francisco, durante a baixamar da maré de sizígia (lua Nova) do dia 23/04/2020.

Tabela 19: Dados médio de velocidade e direção da coluna d'água em cada estação de amostragem da cunha salina, durante a preamar da maré de sizígia (lua Nova) do dia 23/04/2020, na foz do Rio São Francisco.

Data	Hora	Estação	Vel.(m.s ⁻¹)	Direção (°)
23/04/2020	15:18	ESF_D1	0.370	243
	15:28	ESF 10	0.583	178
	15:39	ESF 14	0.558	227
	15:56	ESF 18	0.350	11
	16:09	ESF 21	0.315	339
	16:18	ESF 22	0.507	335
	16:26	ESF 23	0.158	335
	16:38	ESF 26	0.207	272
	16:30	ESF 30	0.320	288
	16:47	ESF 28	0.113	245
	16:55	ESF 31	0.179	238
	17:08	ESF 32	0.032	224
	17:15	ESF 27	0.029	177
	17:23	ESF 25	0.117	126

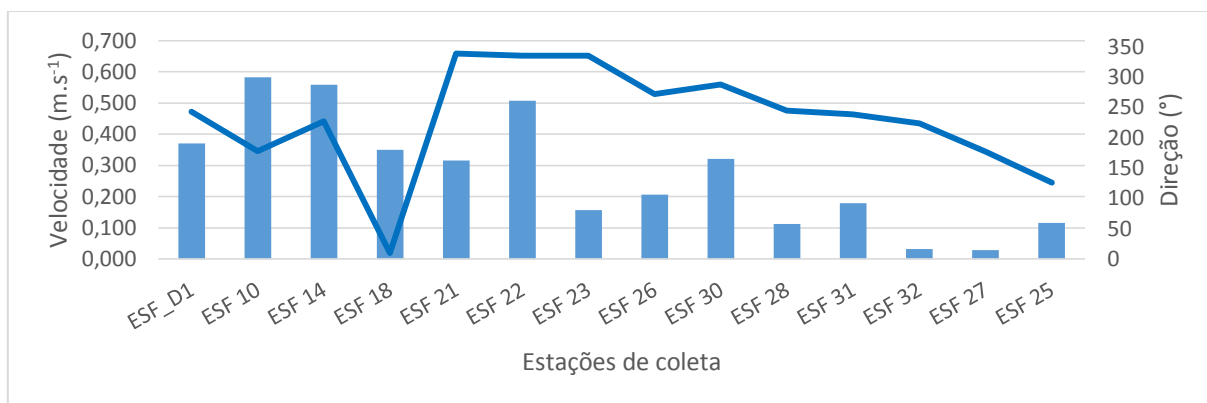


Figura 12: Variação média da velocidade (barras azuis) e da direção (linha azul) das correntes na coluna entre pelas estações de amostragem da cunha salina da foz do Rio São Francisco, durante a preamar da maré de sizígia (lua Nova) do dia 23/04/2020.

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 abril de 2020. As figuras representam a distribuição longitudinal da salinidade na foz do rio São Francisco, cuja análise foi baseada na distância longitudinal de cada estação de monitoramento ao ponto de coleta mais próximo da foz (ESF 10) à estação mais distante longitudinalmente do rio, localizada na localidade de Penedinho – AL (ESF 30). Através das figuras, é possível afirmar que no mês de Abril de 2020, no geral a cunha salina penetrou de forma significativa com valores superiores a 0,5 PSU na foz do rio São Francisco até a região próxima à estação ESF 14 (distante 7,5 km da foz), como pode se ver na figura 13 a qual representa a coleta realizada no dia 07 de Abril de 2020. Foram registrados picos de salinidade superiores a 36 PSU entre as estações ESF D1 (6,1 km da foz) 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 horizontalmente e distribuída mais ao fundo da coluna d'água (Figuras 13, 15 e 17). Os registros realizados nas baixamare e preamare 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 07 e 08 de Abril de 2020.

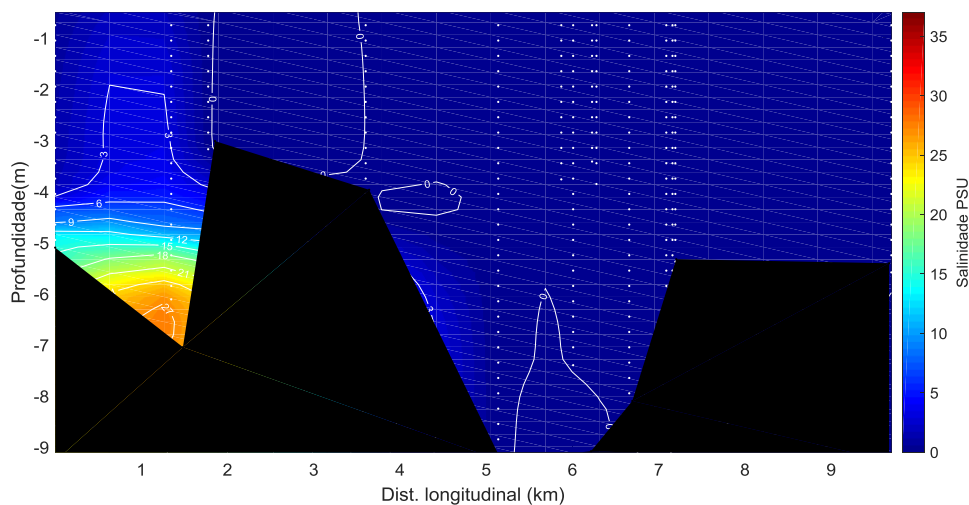


Figura 13: Distribuição longitudinal da salinidade na foz do rio São Francisco, variando da estação ESF 10 (ponto mais próximo à foz) à ESF 30 (ponto mais distante da foz), no período de baixamar do dia 07 de Abril de 2020. Os pontos brancos indicam a localização longitudinal de cada perfil.

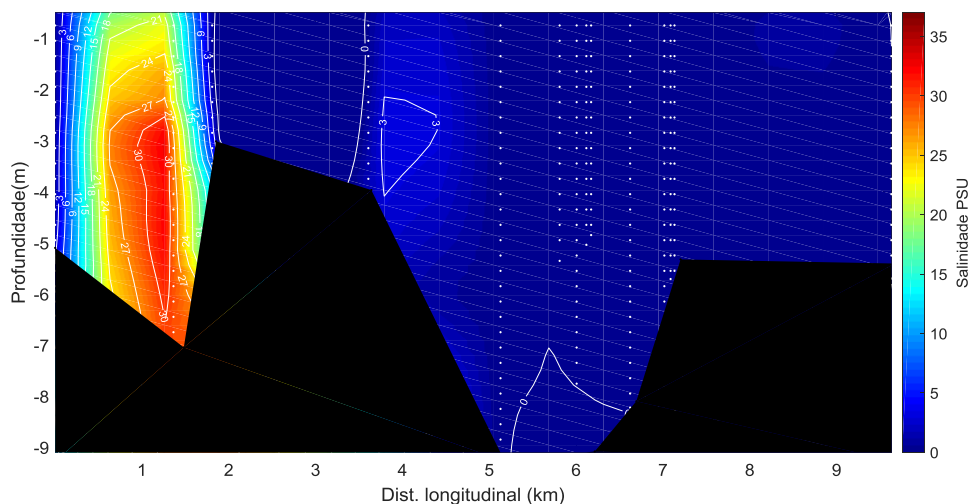


Figura 14: Distribuição longitudinal da salinidade na foz do rio São Francisco, variando da estação ESF 10 (ponto mais próximo à foz) à ESF 30 (ponto mais distante da foz), no período de preamar do dia 07 de Abril de 2020. Os pontos brancos indicam a localização longitudinal de cada perfil.

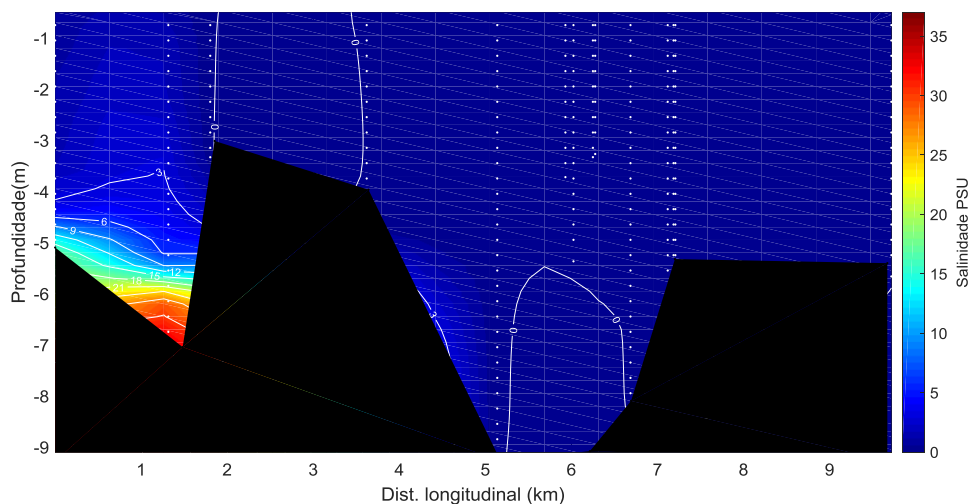


Figura 15: Distribuição longitudinal da salinidade na foz do rio São Francisco, variando da estação ESF 10 (ponto mais próximo à foz) à ESF 30 (ponto mais distante da foz), no período de baixamar do dia 08 de Abril de 2020. Os pontos brancos indicam a localização longitudinal de cada perfil.

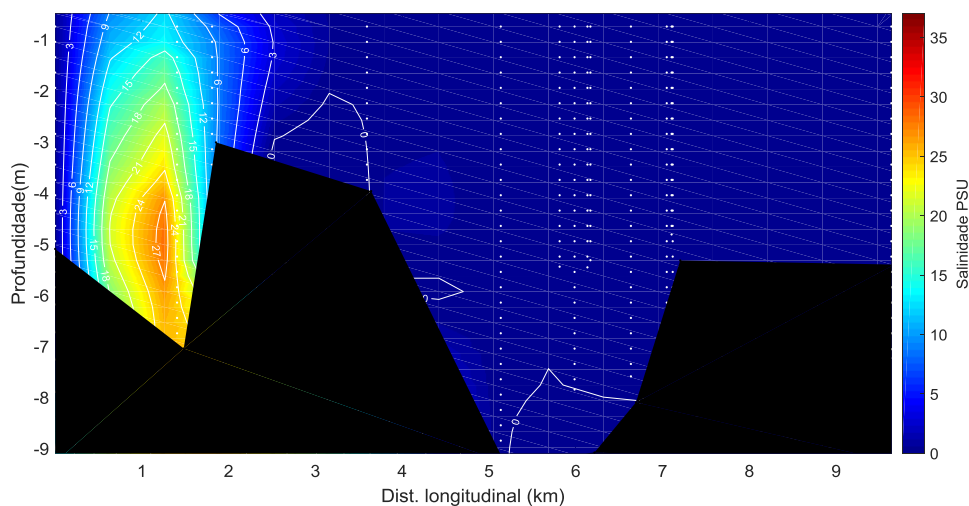


Figura 16: Distribuição longitudinal da salinidade na foz do rio São Francisco, variando da estação ESF 10 (ponto mais próximo à foz) à ESF 30 (ponto mais distante da foz), no período de preamar do dia 08 de Abril de 2020. Os pontos brancos indicam a localização longitudinal de cada perfil.

Baixamar e preamar dos dias 22 e 23 de Abril de 2020.

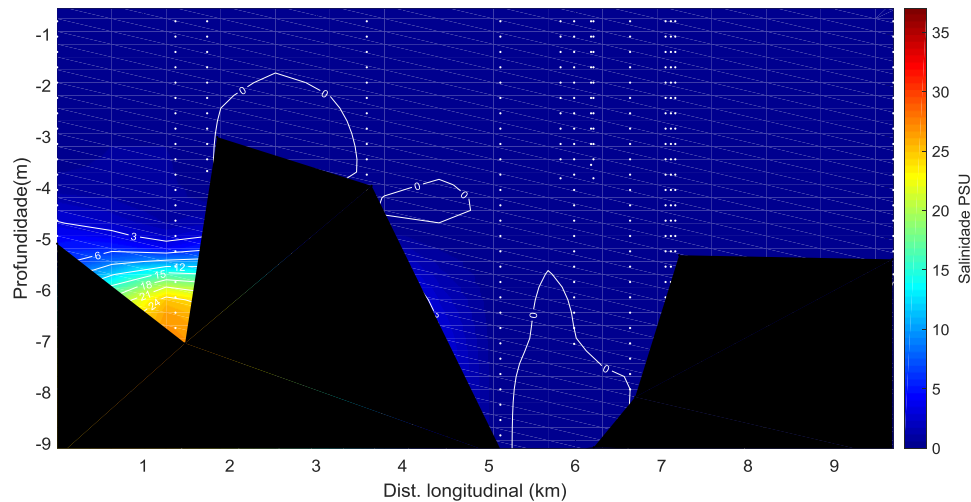


Figura 17: Distribuição longitudinal da salinidade na foz do rio São Francisco, variando da estação ESF 10 (ponto mais próximo à foz) à ESF 30 (ponto mais distante da foz), no período de baixamar do dia 22 de Abril de 2020. Os pontos brancos indicam a localização longitudinal de cada perfil.

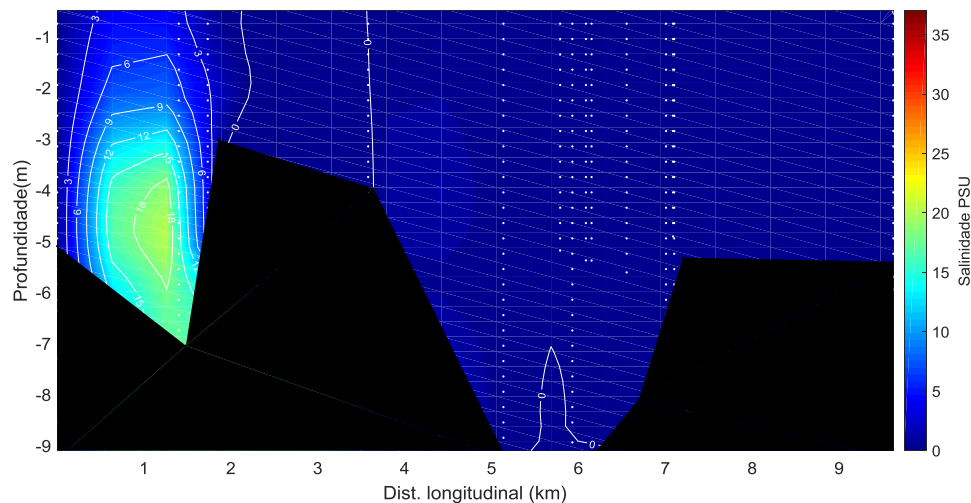


Figura 18: Distribuição longitudinal da salinidade na foz do rio São Francisco, variando da estação ESF 10 (ponto mais próximo à foz) à ESF 30 (ponto mais distante da foz), no período de preamar do dia 22 de Abril de 2020. Os pontos brancos indicam a localização longitudinal de cada perfil.

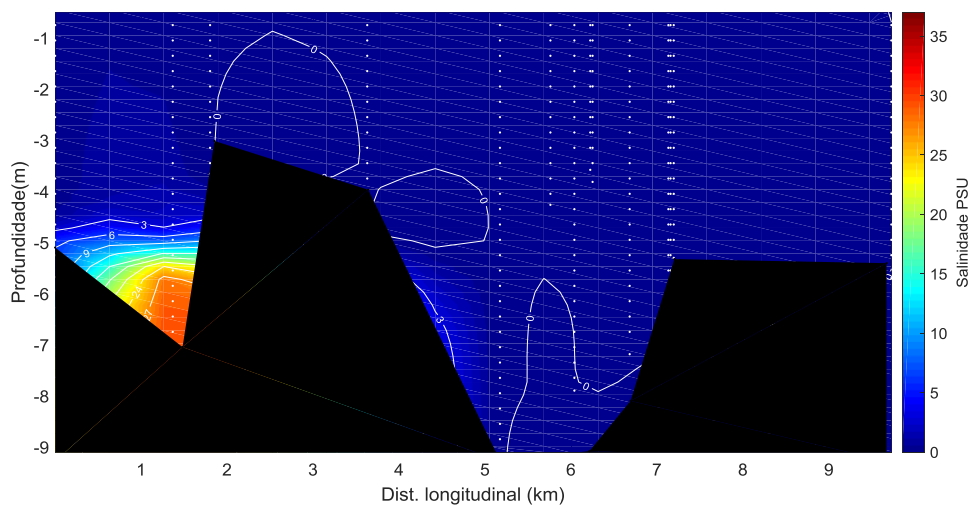


Figura 19: Distribuição longitudinal da salinidade na foz do rio São Francisco, variando da estação ESF 10 (ponto mais próximo à foz) à ESF 30 (ponto mais distante da foz), no período de baixamar do dia 23 de Abril de 2020. Os pontos brancos indicam a localização longitudinal de cada perfil.

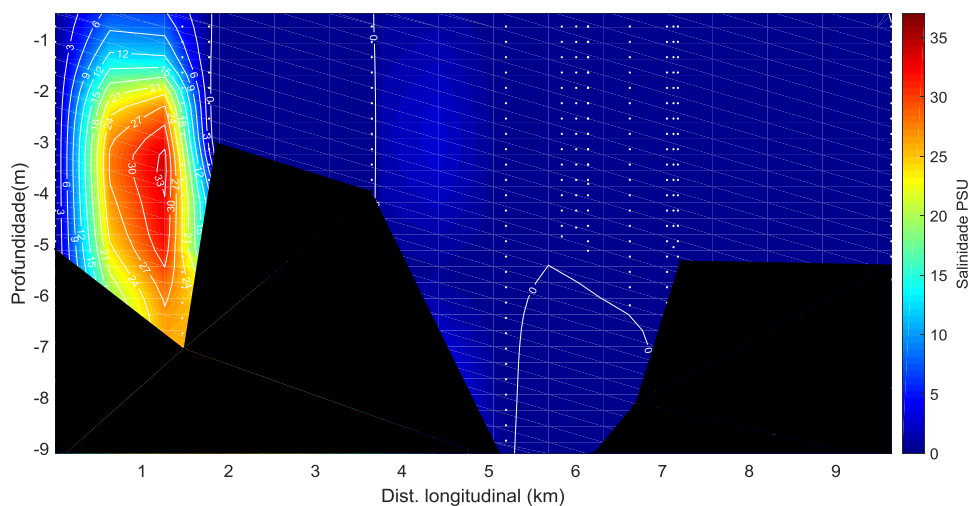


Figura 20: Distribuição longitudinal da salinidade na foz do rio São Francisco, variando da estação ESF 10 (ponto mais próximo à foz) à ESF 30 (ponto mais distante da foz), no período de preamar do dia 23 de Abril de 2020. Os pontos brancos indicam a localização longitudinal de cada perfil.

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 Abril de 2020, a temperatura registrada nas coletas estiveram predominantemente em torno de 32°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 28°C, foram registradas na região próxima ao ponto ESF 26 e próximo à foz (Figura 21). De maneira geral a temperatura esteve entre 28 e 33 °C, como mostram as (Figuras 21 a 26).

Baixamar e preamar do dia 07 e 08 de Abril de 2020

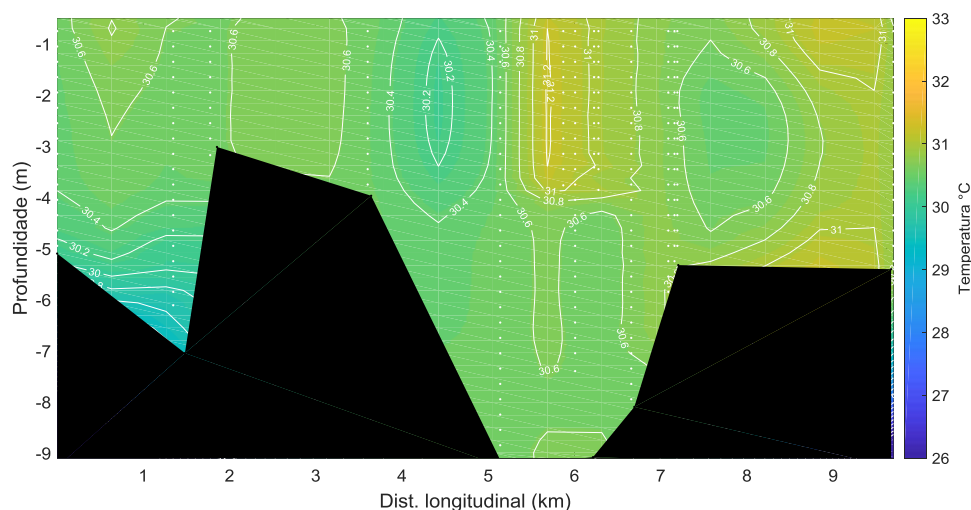


Figura 21: Distribuição longitudinal da temperatura da água na foz do rio São Francisco, variando da estação ESF 10 (ponto mais próximo à foz) à estação ESF 30 (ponto mais distante da foz,) no período de baixamar do dia 07 Abril de 2020. Os pontos brancos indicam a localização longitudinal de cada perfil.

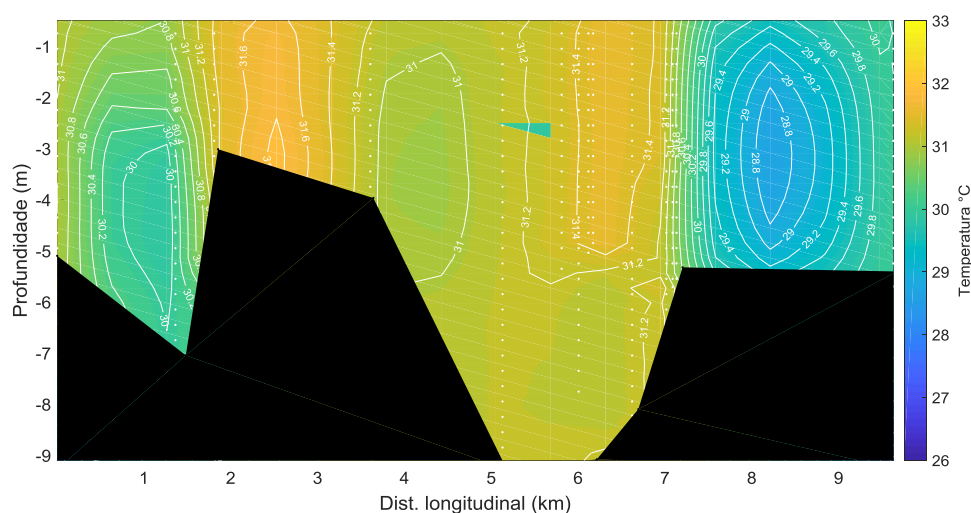


Figura 22: Distribuição longitudinal da temperatura da água na foz do rio São Francisco, variando da estação ESF 10 (ponto mais próximo à foz) à estação ESF 30 (ponto mais distante da foz,) no período de preamar do dia 07 de Abril 2020. Os pontos brancos indicam a localização longitudinal de cada perfil.

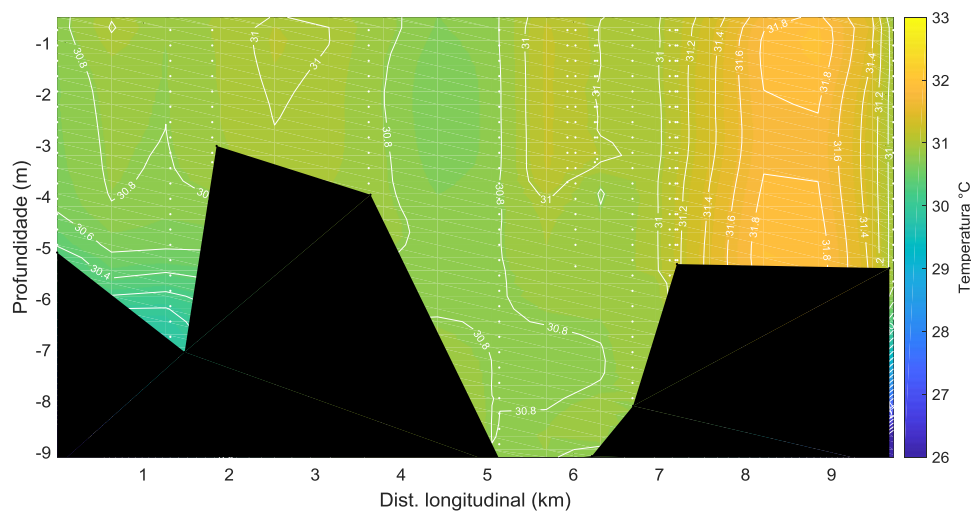


Figura 23: Distribuição longitudinal da temperatura da água na foz do rio São Francisco, variando da estação ESF 10 (ponto mais próximo à foz) à estação ESF 30 (ponto mais distante da foz,) no período de baixamar do dia 08 de Abril de 2020. Os pontos brancos indicam a localização longitudinal de cada perfil.

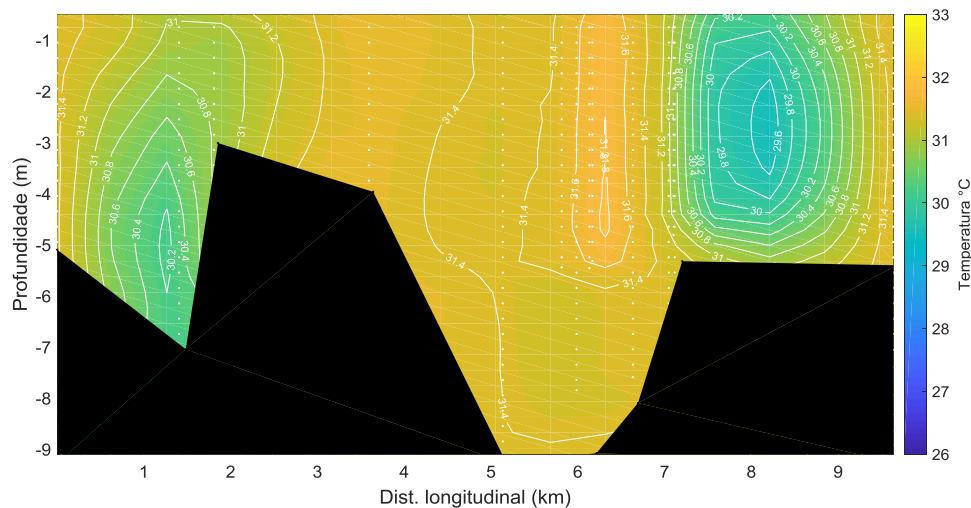


Figura 24: Distribuição longitudinal da temperatura da água na foz do rio São Francisco, variando da estação ESF 10 (ponto mais próximo à foz) à estação ESF 30 (ponto mais distante da foz,) no período de preamar do dia 08 de Abril de 2020. Os pontos brancos indicam a localização longitudinal de cada perfil.

Baixamar e preamar do dia 22 e 23 de Abril de 2020.

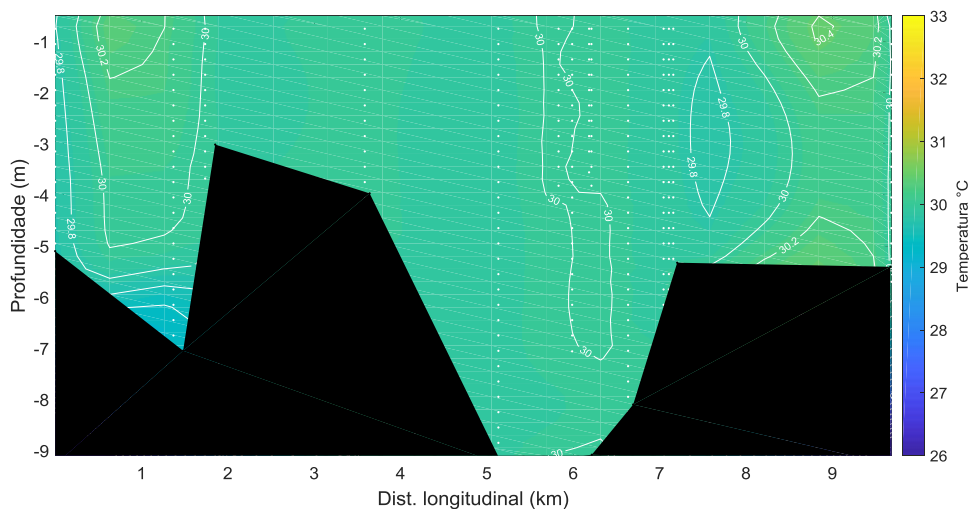


Figura 25: Distribuição longitudinal da temperatura da água na foz do rio São Francisco, variando da estação ESF 10 (ponto mais próximo à foz) à estação ESF 30 (ponto mais distante da foz,) no período de baixamar do dia 22 de Abril de 2020. Os pontos brancos indicam a localização longitudinal de cada perfil.

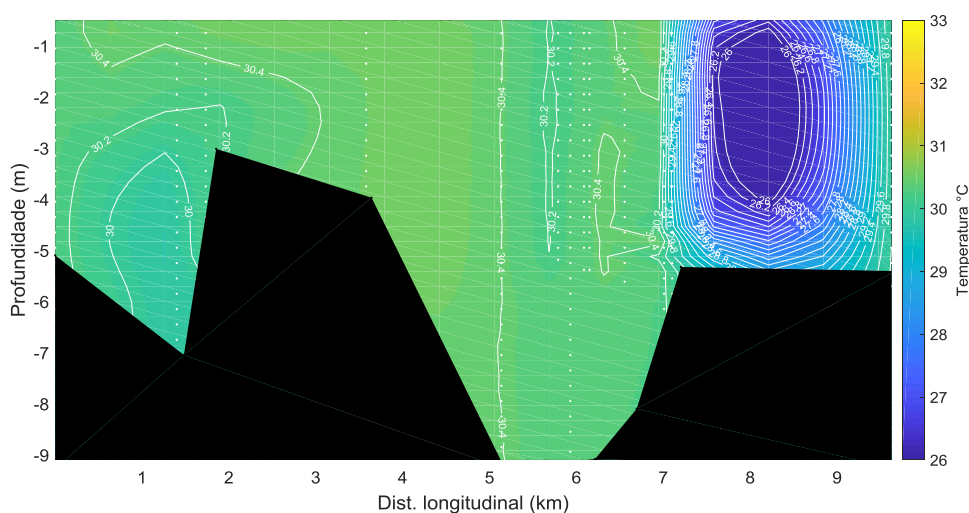


Figura 26: Distribuição longitudinal da temperatura da água na foz do rio São Francisco, variando da estação ESF 10 (ponto mais próximo à foz) à estação ESF 30 (ponto mais distante da foz,) no período de preamar do dia 22 de Abril de 2020. Os pontos brancos indicam a localização longitudinal de cada perfil.

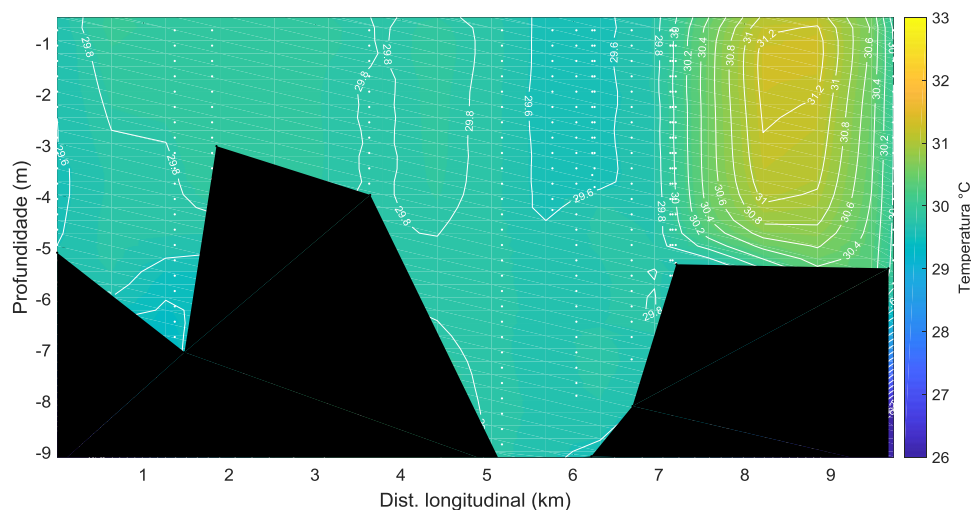


Figura 27: Distribuição longitudinal da temperatura da água na foz do rio São Francisco, variando da estação ESF 10 (ponto mais próximo à foz) à estação ESF 30 (ponto mais distante da foz,) no período de baixamar do dia 23 de Abril de 2020. Os pontos brancos indicam a localização longitudinal de cada perfil.

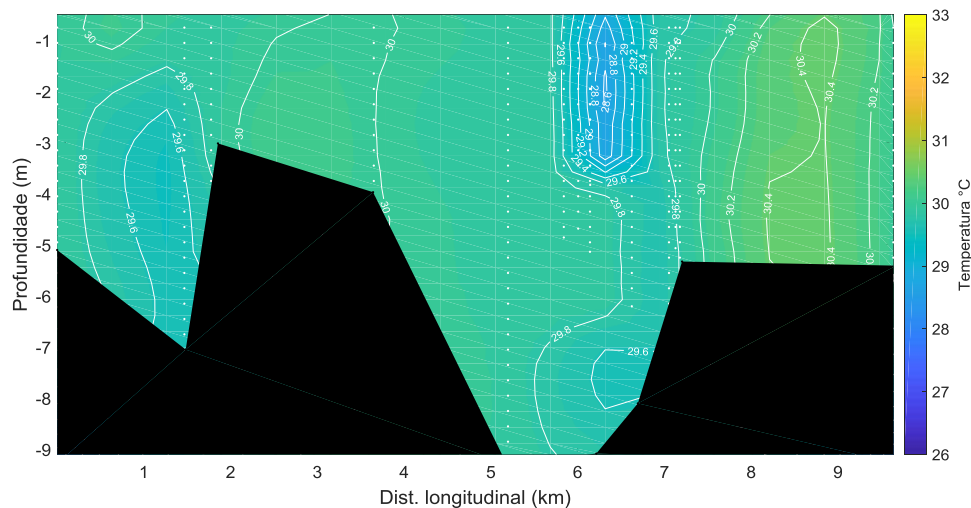


Figura 28: Distribuição longitudinal da temperatura da água na foz do rio São Francisco, variando da estação ESF 10 (ponto mais próximo à foz) à estação ESF 30 (ponto mais distante da foz,) no período de preamar do dia 23 de Abril de 2020. Os pontos brancos indicam a localização longitudinal de cada 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.

As velocidades de corrente mais intensas foram registradas no monitoramento na localidade de Penedinho-SE no dia 09 de Abril 2020, quando atingiu $0,91 \text{ m.s}^{-1}$. 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 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 das campanhas fixas realizadas nos dias 09 e 10 de Abril 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 08-09 de Abril de 2020.

Data	Hora	Vel. (m.s ⁻¹)	Direção (°)
08-09/04/2020	18:02	0.261	77
	19:08	0.808	78
	20:03	0.717	78
	21:00	0.891	74
	22:01	0.868	79
	23:00	0.751	78
	00:01	0.711	77
	01:02	0.508	76
	02:02	0.058	199
	03:00	0.304	260
	04:05	0.287	257
	05:00	0.032	169
	06:02	0.156	86

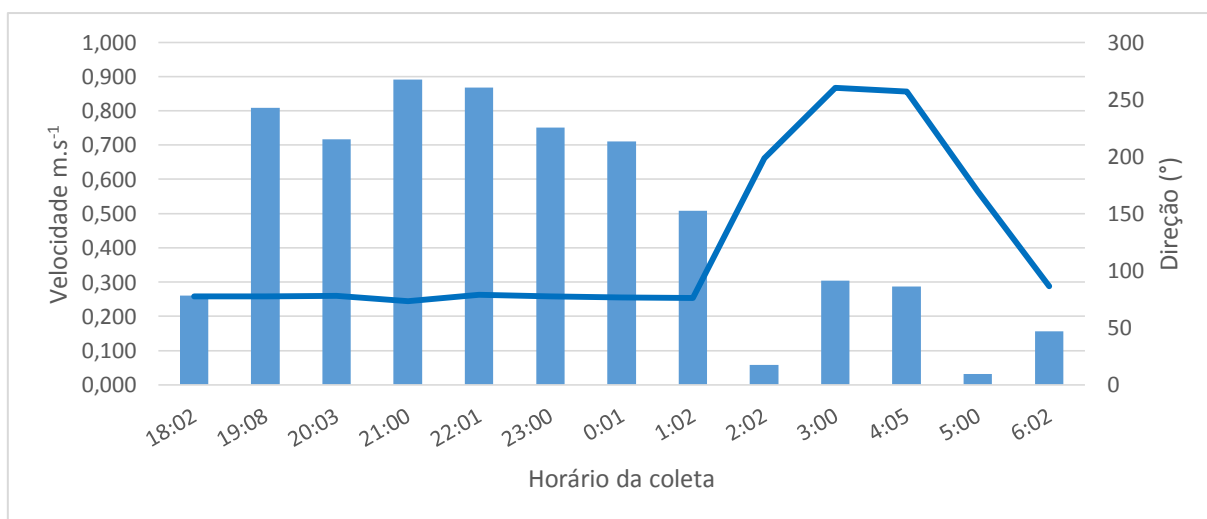


Figura 29: Dados hidrodinâmicos coletados durante a campanha fixa em Brejo Grande no dia 08-09 de Abril de 2020. As barras azuis representam a velocidade da corrente e a linha azul a direção.

Tabela 21: Dados médio de velocidade e direção da coluna d'água durante o monitoramento fixo na bomba de captação de água da cidade de Piaçabuçu-AL (Penedinho, ESF30) no dia 09 de Abril de 2020

Data	Hora	Vel. (m.s ⁻¹)	Direção (°)
09/04/2020	07:10	0.706	104
	08:05	0.814	102
	09:00	0.937	101
	10:00	0.963	104
	11:00	0.910	103
	12:00	0.832	102
	13:00	0.761	105
	14:00	0.228	100
	15:00	0.506	284
	16:00	0.509	280
	17:00	0.514	281
	18:00	0.275	286
	18:25	0.079	298

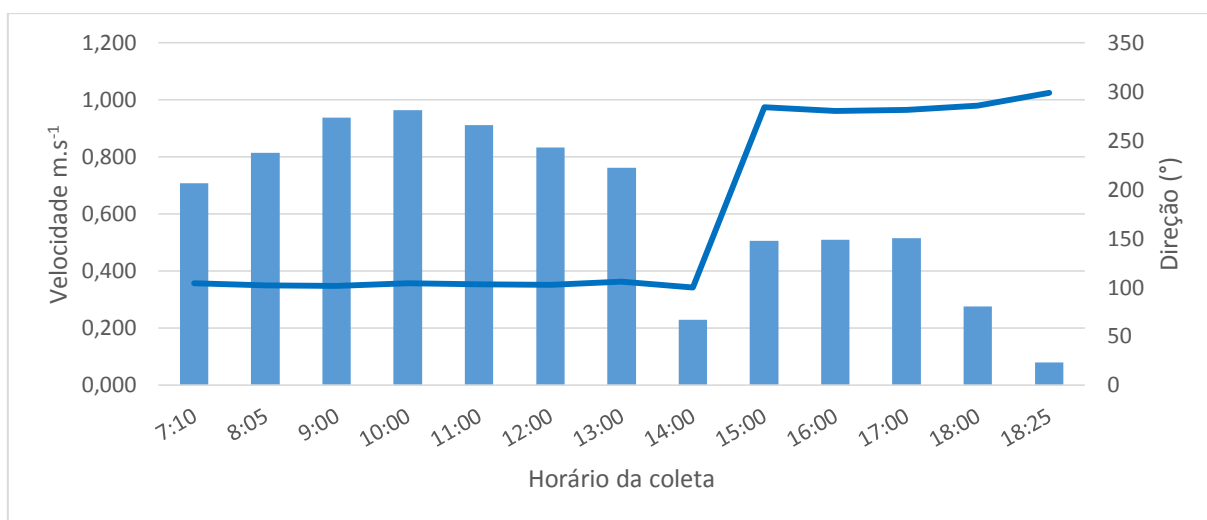


Figura 30: Dados hidrodinâmicos coletados durante a campanha fixa na bomba de captação de água da cidade de Piaçabuçu-AL (Penedinho, ESF 30), no dia 09 de abril. As barras azuis representam a velocidade da correnteza e a linha azul a direção.

Campanhas fixas realizadas nos dias 24 e 25 de Abril 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 24 de Abril 2020.

Data	Hora	Vel. (m.s ⁻¹)	Direção (°)
24/04/2020	06:45	0.594	99
	07:40	0.603	105
	08:40	0.723	99
	09:40	0.834	105
	10:35	0.819	104
	10:30	0.780	103
	11:30	0.646	100
	12:30	0.607	105
	13:30	0.332	108
	14:30	0.320	278
	15:30	0.431	288
	16:30	0.362	288
	17:30	0.185	283

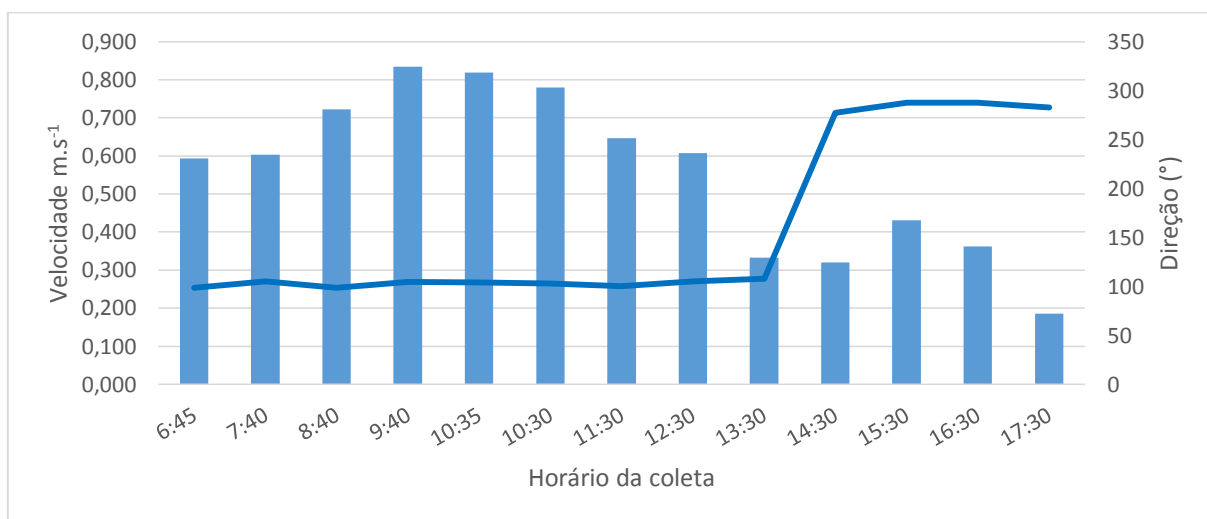


Figura 31: Dados hidrodinâmicos coletados durante a campanha fixa da cidade de Piaçabuçu-AL (Penedinho, ESF30) no dia 24 de Abril de 2020. As barras azuis representam a velocidade da corrente e a linha azul a direção.

Tabela 23: Dados médio de velocidade e direção da coluna d'água durante o monitoramento fixo na bomba de captação de água da cidade de Brejo Grande - SE (ESF32) no dia 25 de Abril de 2020

Data	Hora	Vel. (m.s ⁻¹)	Direção (°)
25/04/2020	03:32	0.319	225
	04:31	0.531	100
	05:30	0.679	76
	06:29	0.748	73
	07:35	0.756	74
	08:36	0.737	72
	09:28	0.681	76
	10:31	0.753	73
	11:30	0.710	73
	12:36	0.554	74
	13:35	0.228	80
	14:40	0.056	226
	15:30	0.207	266

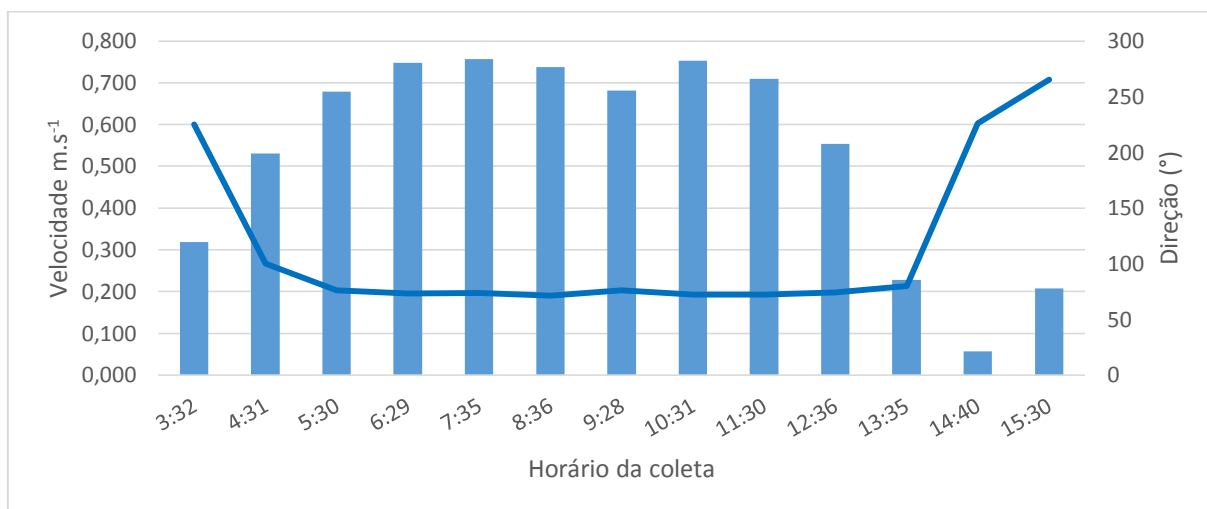


Figura 32: Dados hidrodinâmicos coletados durante a campanha fixa na bomba de captação de água da cidade de Brejo Grande – SE (ESF32), no dia 25 de Abril de 2020. As barras azuis representam a velocidade da corrente e a linha azul a direção.

As Figuras 33 a 36 representam a distribuição temporal de salinidade da água das campanhas fixas de 12 horas, realizadas nos dias ,08, 09, 24 e 25 de Abril 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 n°. 357 do CONAMA, os valores mais elevados estiveram próximo de 0.1 PSU, desta forma os parâmetros de salinidade para todas as medições estiveram dentro dos parâmetros seguros para o uso doméstico.

Para temperatura foi observado um padrão temporal similar de variação da temperatura no ciclo diurno, evidenciando uma elevação gradual da temperatura das massas de água ao longo do dia, com uma amplitude média menor do que 0,4°C entre a primeira e a última medição, com valores mais elevados no final do dia, em todas as quatro campanhas realizadas.

Resultados de salinidade e temperatura pontos fixos

Salinidade

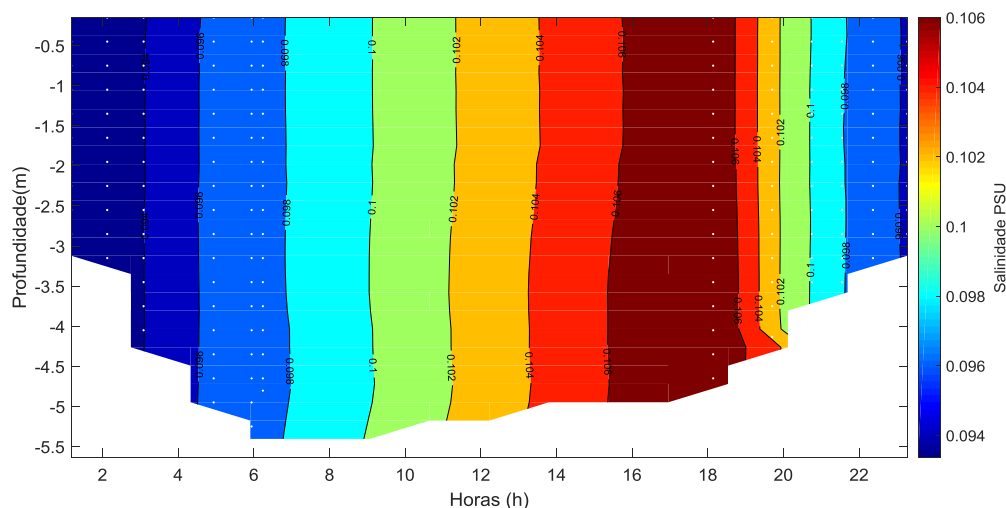


Figura 33: Distribuição temporal da salinidade da água durante o monitoramento fixo da cunha salina, realizado no dia 08-09 de Abril de 2020, nas proximidades da bomba de captação de água da cidade de Brejo Grande (ESF 32). Os pontos brancos representam o momento do dia da campanha quando os perfis foram realizados e o formato do fundo corresponde à variação do nível da coluna d'água ou o ponto máximo de alcance do CTD.

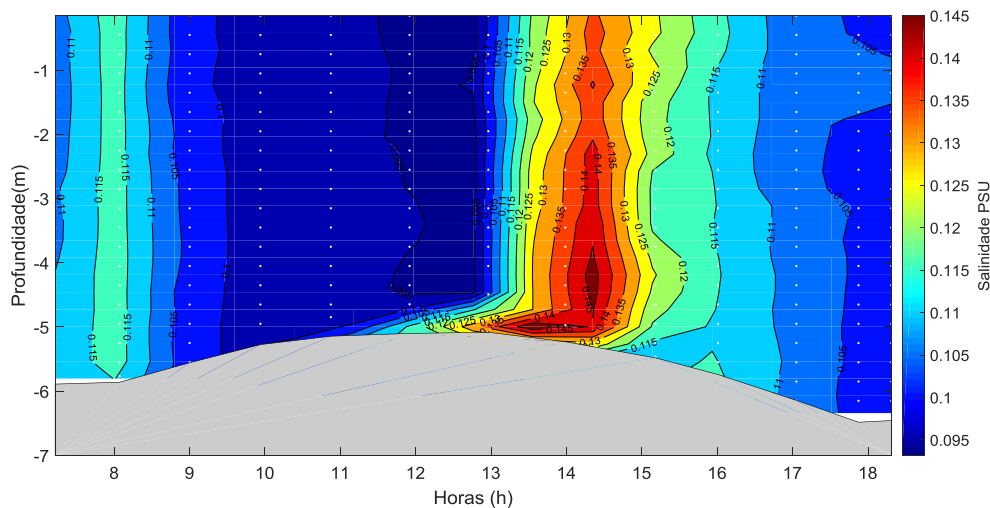


Figura 34: Distribuição temporal da salinidade da água durante o monitoramento fixo da cunha salina, realizado no dia 09 de Abril de 2020, nas proximidades da bomba de captação de água da cidade de Penedinho-AL (ESF 30). Os pontos brancos representam o momento do dia da campanha quando os perfis foram realizados e o formato do fundo corresponde à variação do nível da coluna d'água ou o ponto máximo de alcance do CTD.

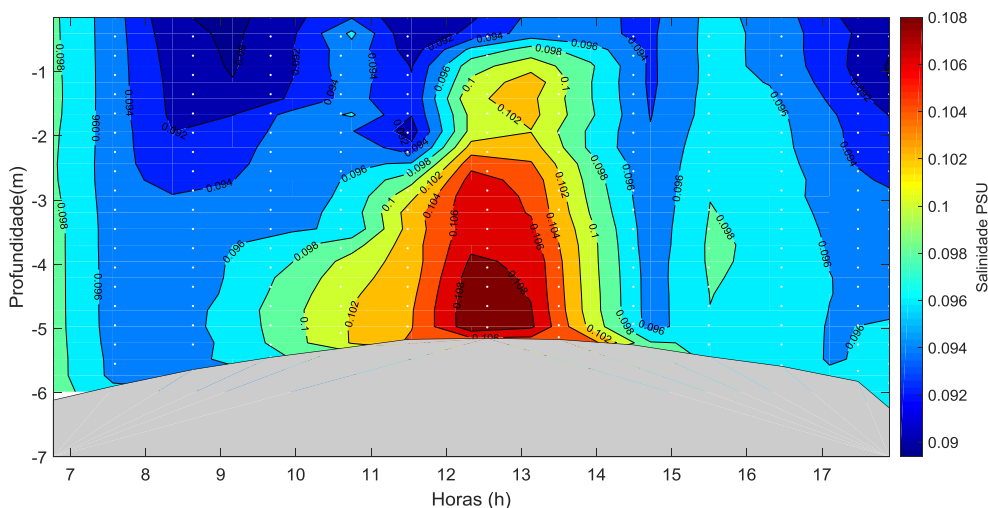


Figura 35: Distribuição temporal da salinidade da água durante o monitoramento fixo da cunha salina, realizado no dia 24 de Abril de 2020, nas proximidades da bomba de captação de água da cidade de Piaçabuçu (Penedinho, ESF 30). Os pontos brancos representam o momento do dia da campanha quando os perfis foram realizados e o formato do fundo corresponde à variação do nível da coluna d'água ou o ponto máximo de alcance do CTD.

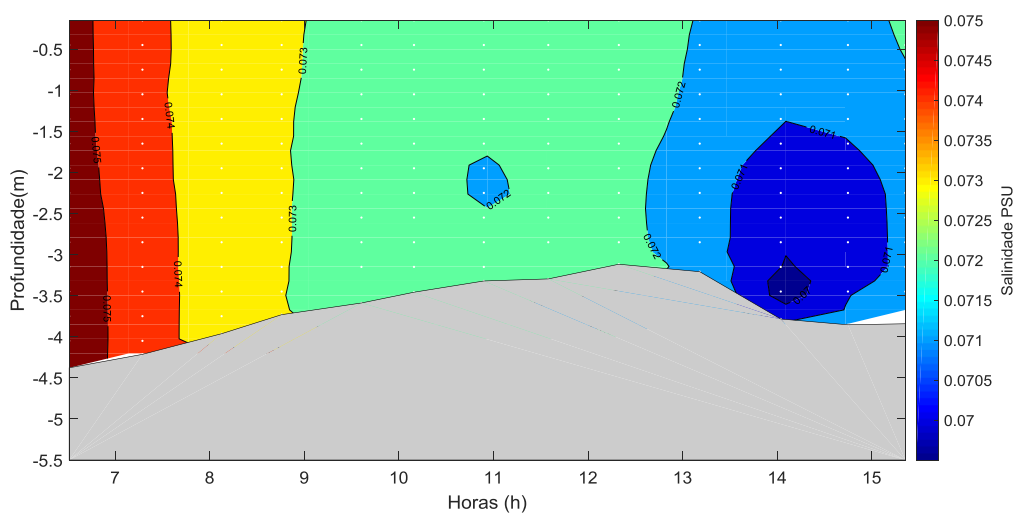


Figura 36: Distribuição temporal da salinidade da água durante o monitoramento fixo da cunha salina, realizado no dia 25 de Abril de 2020, nas proximidades da bomba de captação de água da cidade de Brejo Grande - SE (ESF 32). Os pontos brancos representam o momento do dia da campanha quando os perfis 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

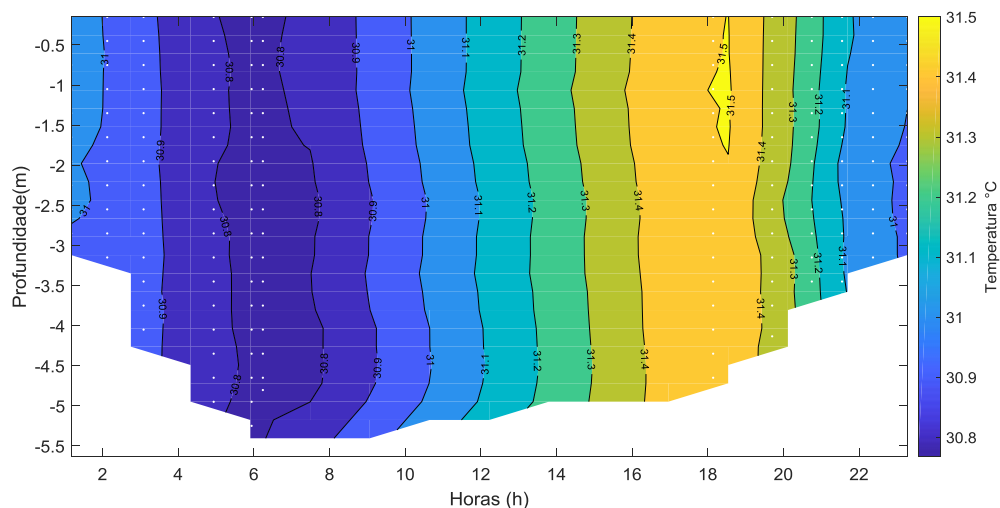


Figura 37: Distribuição temporal da temperatura da água durante o monitoramento fixo realizado no dia 08-09 de Abril de 2020, nas proximidades da bomba de captação de água da cidade de Brejo Grande (ESF 32). Os pontos brancos representam o momento do dia da campanha quando os perfis foram realizados e o formato do fundo corresponde à variação do nível da coluna d'água ou o ponto máximo de alcance do CTD.

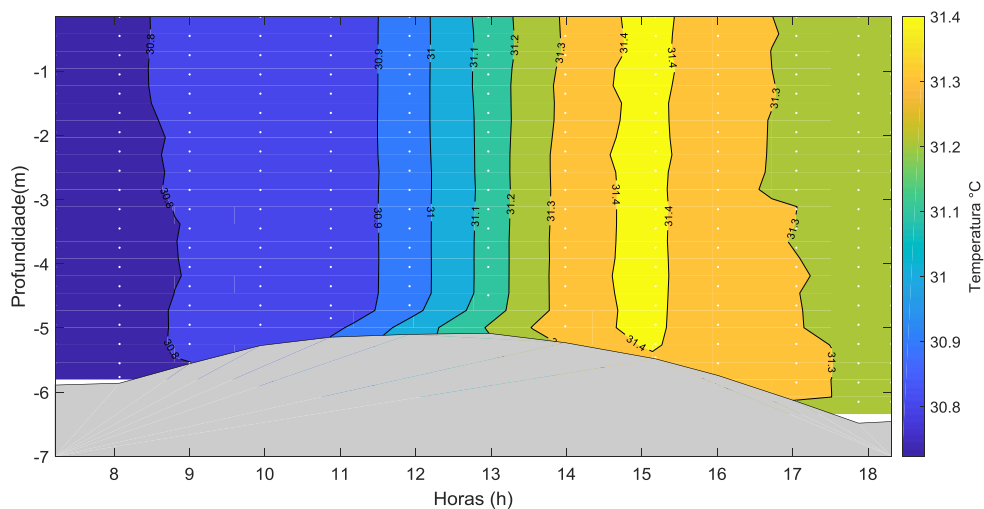


Figura 38: Distribuição temporal da temperatura para o monitoramento fixo de 12 horas da cunha salina, realizado no dia 09 de Abril de 2020 nas proximidades da bomba de captação de água da cidade de Brejo Grande (ESF 32). Os pontos brancos representam o momento do dia da campanha quando os perfis foram realizados e o formato do fundo corresponde à variação do nível da coluna d'água ou o ponto máximo de alcance do CTD.

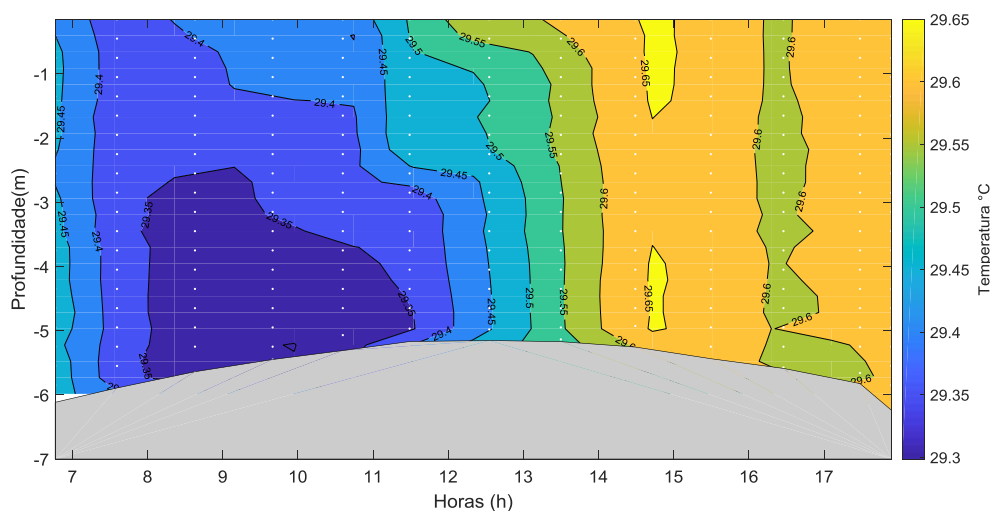


Figura 39: Distribuição temporal da temperatura para o monitoramento fixo de 12 horas da cunha salina, realizado no dia 24 de Abril de 2020 nas proximidades da bomba de captação de água da cidade de Piaçabuçu (Penedinho, ESF 30). Os pontos brancos representam o momento do dia da campanha quando os perfis foram realizados e o formato do fundo corresponde à variação do nível da coluna d'água ou o ponto máximo de alcance do CTD.

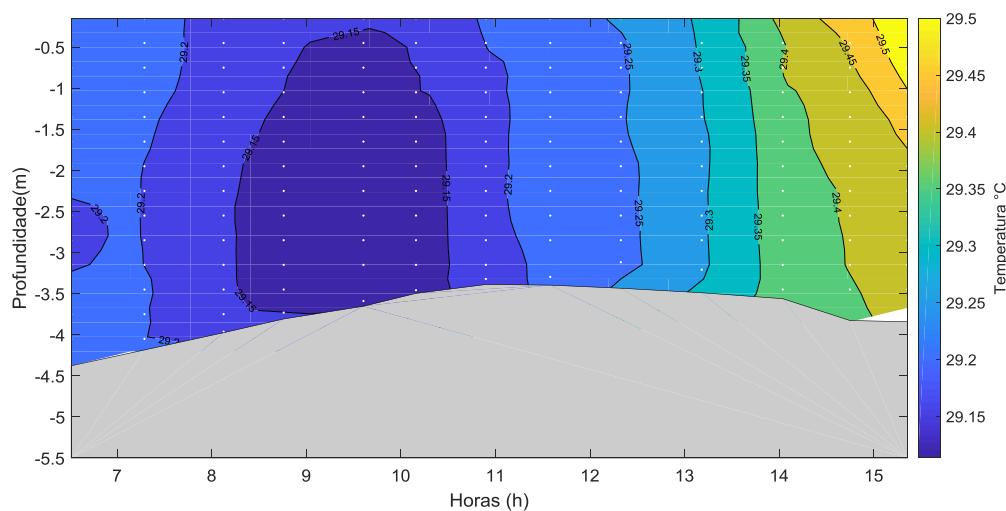


Figura 40: Distribuição temporal da temperatura para o monitoramento fixo de 12 horas da cunha salina, realizado no dia 25 de Abril de 2020 nas proximidades da bomba de captação de água da cidade Brejo Grande-SE (ESF 32). Os pontos brancos representam o momento do dia da campanha quando os perfis foram 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 07 de Abril de 2020 e a máxima de 2,5 m no dia 08 de abril de 2020. Os ventos sopraram de forma predominantes da direção sul 187°, com velocidades média de $2,6 \text{ m.s}^{-1}$, e a temperatura atmosférica média foi de 33 °C para o período de lua nova e 31,6°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 22e ESF 23); onde a velocidade média das correntes foi de $0,5 \text{ m.s}^{-1}$. As correntes mais fortes foram registradas na superfície da coluna d'água, tendo decrescido com o aprofundamento ao longo da coluna d'água.

A temperatura da água do rio não demonstrou um padrão definido longitudinalmente nas campanhas móveis, tendo a distribuição de temperatura estando aparentemente relacionada diretamente com as condições do tempo, no caso das campanhas fixas a distribuição de temperatura está relacionada com o ciclo diurno. De forma geral apresentou uma distribuição homogênea em torno de 32° 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 14, distantes aproximadamente 7,5 km da boca da barra do rio. A presença de água salgada na região mais próxima da foz esteve homogeneamente distribuída por toda a coluna d'água no período de preamar, atingindo picos chegando a 36 PSU, diferente dos momentos de baixamar, quando a salinidade se concentrou no fundo dos perfis entre os pontos ESD D1 e ESF 10, distantes aproximadamente 5,54 km da foz do rio atingindo picos de 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 Abril/2020. De maneira geral os perfis de salinidade para as campanhas nos pontos fixos estiveram inferiores a 0.2 PSU, o que demonstra níveis seguros em relação à salinidade para a captação de água doce nos pontos ESF 32 (Brejo Grande - SE) e ESF 30 (Penedinho - AL). De acordo com a resolução do CONAMA 357 de 2015, a água é considerada doce até salinidade de 0,5 PSU, salobra de 0,5 a 30 PSU e salina a partir de 30 PSU.

REFERÊNCIAS CONSULTADAS

ANA- Agência Nacional de Águas 2020, acessado em 28 de Agosto de, 2020, no site <http://ana.gov.br>

ANA- Agência Nacional de Águas 2017, Resolução N° 2.081, de 04 de Abril 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 abril 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.