

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

CTNE-70.2018.6530.00



EXECUÇÃO:



RELATÓRIO MENSAL DE MONITORAMENTO DA CUNHA SALINA



MAIO, 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

Maio / 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 08 e 09 de Maio de 2020.	22
	Campanhas móveis realizadas nos dias 22 e 23 de Maio de 2020.	26
	Resultados do CTD	30
	MONITORAMENTO FIXO.....	40
	Dados hidrodinâmicos, campanhas fixas realizadas nos dias 09 e 10 de Maio de 2020.....	41
	Campanhas fixas realizadas nos dias 24 e 25 de Maio de 2020.....	43
	Resultados de salinidade e temperatura pontos fixos	46
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	50



Índice de Figuras

Figura 1: Série histórica de 2010 a 2019 do acúmulo de água nos reservatórios ao longo do rio São Francisco. Fonte: < www.ana.gov.br >.....	10
Figura 2: Localização das estações de monitoramento da introdução da cunha salina no trecho inferior do rio São Francisco. A posição das estações está marcada em vermelho.	11
Figura 3: Bomba de captação de água da cidade de Penedinho-AL.	12
Figura 4: Instrumentos empregados na mensuração das variáveis meteorológicas e hidrológicas: CTD YSI CAsTaway (A), correntômetro Aquadopp Current Meter (B) e mini-estação Kestrel (C).....	14
Figura 5: Variação média da velocidade (barras azuis) e da direção (linha azul escuro) das correntes na coluna entre pelas estações de amostragem da cunha salina da foz do Rio São Francisco, durante a preamar da maré de sizígia (lua nova) do dia 08/05/2020.	22
Figura 6: Variação média da velocidade (barras azuis) e da direção (linha azul escuro) das correntes na coluna entre pelas estações de amostragem da cunha salina da foz do Rio São Francisco, durante preamar da maré de sizígia (lua nova) do dia 08/05/2020.	23
Figura 7: Variação média da velocidade (barras azuis) e da direção (linha azul escuro) das correntes na coluna entre pelas estações de amostragem da cunha salina da foz do Rio São Francisco, durante baixamar da maré de sizígia (lua nova) do dia 09/05/2020.....	24
Figura 8: Variação média da velocidade (barras azuis) e da direção (linha azul escuro) das correntes na coluna entre pelas estações de amostragem da cunha salina da foz do Rio São Francisco, durante a preamar da maré de sizígia (lua cheia) do dia 09/05/2020.	25
Figura 9: Variação média da velocidade (barras azuis) e da direção (linha azul escuro) das correntes na coluna entre pelas estações de amostragem da cunha salina da foz do Rio São Francisco, durante a baixamar da maré de sizígia (lua Nova) do dia 22/05/2020.	26
Figura 10: Variação média da velocidade (barras azuis) e da direção (linha azul escuro) das correntes na coluna entre pelas estações de amostragem da cunha salina da foz do Rio São Francisco, durante a preamar da maré de sizígia (lua Nova) do dia 22/05/2020.	27
Figura 11: Variação média da velocidade (barras azuis) e da direção (linha azul escuro) das correntes na coluna entre pelas estações de amostragem da cunha salina da foz do Rio São Francisco, durante a baixamar da maré de sizígia (lua Nova) do dia 23/05/2020.	28
Figura 12: Variação média da velocidade (barras azuis) e da direção (linha azul escuro) das correntes na coluna entre pelas estações de amostragem da cunha salina da foz do Rio São Francisco, durante a preamar da maré de sizígia (lua Nova) do dia 23/05/2020.	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 08 de Maio 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 08 de Maio 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 Maio 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 Maio 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 Maio 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 Maio 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 Maio 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 Maio 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 08 Maio 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 08 de Maio 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 09 de Maio 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 09 de Maio 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 Maio 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 Maio 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 Maio 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 Maio 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 09 de Maio de 2020. As barras azuis representam a velocidade da corrente e a linha laranja a direção.....	41
Figura 30: Dados hidrodinâmicos coletados durante a campanha fixa na bomba de captação de água da cidade de Piaçabuçu-AL (Penedinho, ESF 30), no dia 10 de Maio. 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 24 de Maio de 2020. As barras azuis representam a velocidade da corrente e a linha laranja a direção.....	43

Figura 32: Dados hidrodinâmicos coletados durante a campanha fixa na bomba de captação de água da cidade de Brejo Grande – SE (ESF32), no dia 25 de Maio de 2020. As barras azuis representam a velocidade da corrente e a linha laranja a direção.....	44
Figura 33: Distribuição temporal da salinidade da água durante o monitoramento fixo da cunha salina, realizado no dia 08-09 de Maio 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 Maio 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 Maio 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 Maio 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 09 de Maio 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 10 de Maio 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 Maio 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 Maio 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 (08 e 09/05/2020) e lua cheia (22 e 23/05/2020). 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 08/05/2020, 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 08/05/2020, 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 09/05/2020 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 09/05/2020, 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 22/05/2020, 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 23/05/2020, 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 23/05/2020, 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 Maio 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 08/05/2020, 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 08/05/2020, 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 09/05/2020, 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 09/05/2020, 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 22/05/2020, 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 22/05/2020, 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 23/05/2020, 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 23/05/2020, 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 09 de Maio 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 10 de Maio 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 Maio 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 Maio de 2020	44

1 Introdução

Os corpos hídricos do Rio São Francisco-RSF percorrem por 521 municípios, passando por seis estados: Bahia, Minas Gerais, Pernambuco, Alagoas, Sergipe e Goiás, além do distrito Federal. Ao longo do rio, a água é utilizada principalmente para irrigação (77%), em segundo lugar para a demanda urbana (11%) seguida pela indústria (7%). Além dos usos citados, o rio também é utilizado para produção de energia, que através de 10 usinas hidrelétricas denominadas pelos seguintes nomes; Queimado, Três Marias, Sobradinho, Luiz Gonzaga, Complexo de Paulo Afonso (que reúne as usinas de Paulo Afonso I, II, III, IV e Apolônio Sales) e Xingó, juntas produzem cerca de 10.708 MW, correspondente a cerca de 12 % da energia nacional (ANA_2019). No período de 2012 a 2017, muitas cidades no entorno do rio enfrentaram períodos de estiagem ano após ano, o que pode ser percebido nos níveis de volume dos reservatórios (Figura 1). Após um período de aproximadamente 6 anos de estiagem, os reservatórios do rio São Francisco vêm se normalizando (**Figura 1**), atualmente os níveis de volume de água dos reservatórios encontram-se na faixa operacional normal, fato expresso por meio da carta circular SOO-013/2019, emitida pela CHESF no mês de setembro, desta forma a defluências adotadas desde o dia 23 de outubro está entre 850 a 1600 m³.

A restrição no fluxo de vazão influencia diretamente na vida de aproximadamente 50.000 pessoas que habitam as duas maiores cidades localizadas na 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.

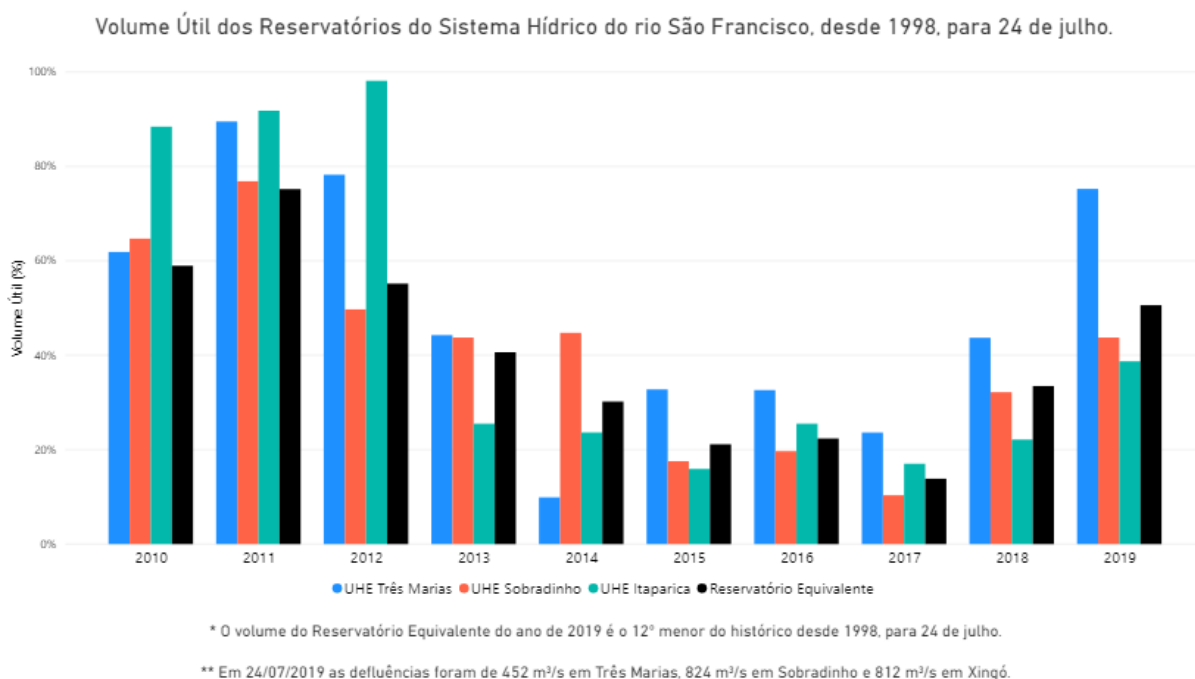


Figura 1: Série histórica de 2010 a 2019 do acúmulo de água nos reservatórios ao longo do rio São Francisco. Fonte: <www.ana.gov.br>.

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).

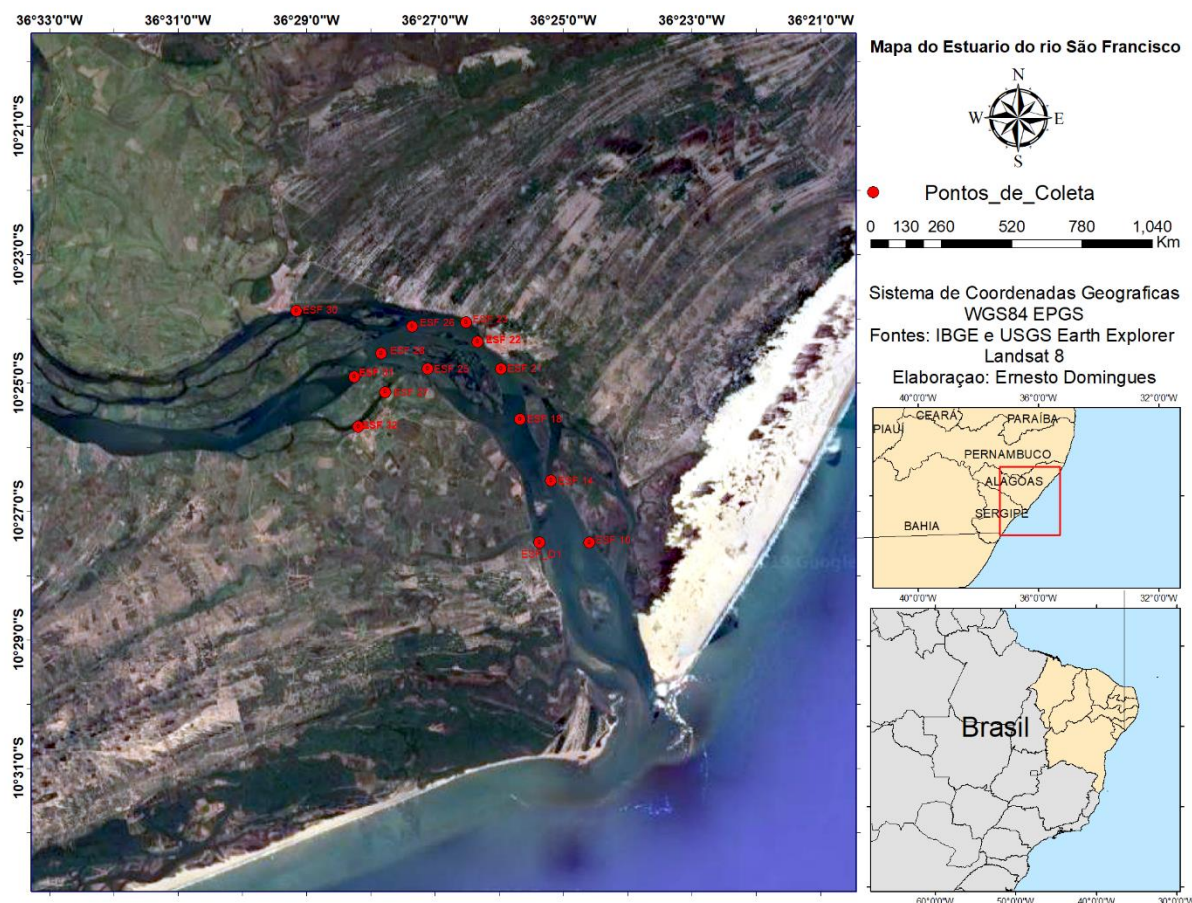


Figura 2: Localização das estações de monitoramento da introdução da cunha salina no trecho inferior do rio São Francisco. A posição das estações está marcada em vermelho.

3 Metodologia

O monitoramento da cunha salina referente ao mês de Maio 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 3) e Brejo Grande - SE.



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

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

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

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

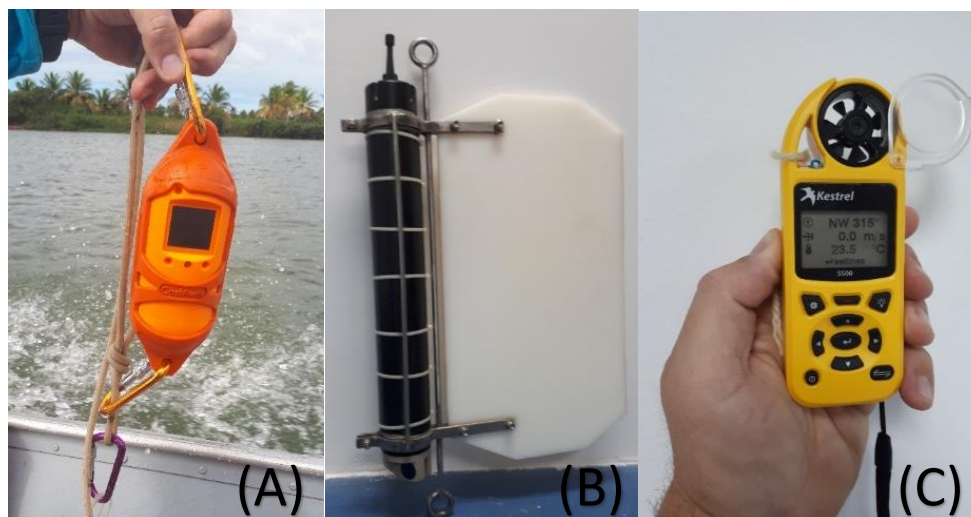


Figura 4: Instrumentos empregados na mensuração das variáveis meteorológicas e hidrológicas: CTD YSI CAsTaway (A), correntômetro Aquadopp Current Meter (B) e mini-estação Kestrel (C).

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

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

4 Resultados

Monitoramentos móveis (longitudinais)

Ficha de Monitoramento dos Pontos de Controle

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

Tabela 2: Dados de altura da maré durante as fases de lua nova (08 e 09/05/2020) e lua cheia (22 e 23/05/2020). Dados relativos ao Terminal Marítimo Inácio Barbosa - SE (DHN).

Campanhas móveis			
Lua	Datas	Hora	Alt. da Maré (m)
Cheia	08/05/2020	04:06	2.3
		10:17	0
		16:32	2.3
		22:43	0.1
	09/05/2020	04:51	2.2
		11:04	0.1
		17:19	2.2
Nova	22/05/2020	23:26	0.3
		03:17	2
		09:28	0.3
		15:38	2
	23/05/2020	21:45	0.3
		03:54	2.1
		10:04	0.3
		16:15	2
		22:21	0.4

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 08/05/2020, na foz do Rio São Francisco.

Data	Hora	Estação	Direção (°)	Vel. (m.s ⁻¹)	Temp. ar (°C)
08.05.2020	08:00	ESF_D1	6	0.3	29.6
	08:17	ESF 10	324	1	30.4
	08:30	ESF 14	347	1	30.3
	8>43	ESF 18	300	1.5	29.7
	08:53	ESF 21	266	1.5	28.7
	09:04	ESF 22	220	0.7	29
	09:20	ESF 23	170	0.3	31
	09:36	ESF 26	237	0.8	30.9
	10:00	ESF 30	80	0.5	26.7
	09:45	ESF 28	86	0.6	30.9
	09:54	ESF 31	45	1.7	31.8
	10:40	ESF 32	55	1.6	31
	10:25	ESF 27	39	1.5	32.4
	10:34	ESF 25	106	1.2	31.2
	Média			138	1

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 08/05/2020, na foz do Rio São Francisco.

Data	Hora	Estação	Direção (°)	Vel. (m.s ⁻¹)	Temp. ar (°C)
08.05.2020	15:00	ESF_D1	143	3.9	29
	15:11	ESF 10	139	2.8	29.4
	15:25	ESF 14	130	2.4	29.7
	15:35	ESF 18	100	3.2	29.7
	15:45	ESF 21	144	2.6	30.3
	15:55	ESF 22	142	2.7	29.5
	16:04	ESF 23	157	1.9	29.3
	16:15	ESF 26	152	2.4	29.3
	15:00	ESF 30	110	4.4	25.8
	16:23	ESF 28	145	2.5	29.1
	16:36	ESF 31	137	2.6	29.1
	16:54	ESF 32	113	0.7	29
	17:10	ESF 27	0	0	28
	17:20	ESF 25	120	2.2	28
	Média			138	2.55

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 09/05/2020 na foz do Rio São Francisco.

Data	Hora	Estação	Direção (°)	Vel. (m.s ⁻¹)	Temp. ar (°C)
09.05.2020	08:35	ESF_D1	273	1.3	28.8
	08:45	ESF 10	280	1.5	28.3
	09:00	ESF 14	296	0.9	28.8
	09:13	ESF 18	300	1.1	28.7
	09:25	ESF 21	259	1.7	28.5
	09:40	ESF 22	280	0.9	30.2
	09:50	ESF 23	280	0.5	32.6
	10:05	ESF 26	240	1.6	29.6
	10:00	ESF 30	80	0.5	26.7
	10:15	ESF 28	300	0.9	33
	10:25	ESF 31	300	1.1	32
	10:43	ESF 32	0	0	33
	10:52	ESF 27	315	0.5	31
	10:15	ESF 25	300	0.9	33
Média			280	0.9	29.9

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 09/05/2020, na foz do Rio São Francisco.

Data	Hora	Estação	Direção (°)	Vel. (m.s ⁻¹)	Temp. ar (°C)
09.05.20	14:50	ESF_D1	298	2.1	28.66
	14:59	ESF 10	296	3.4	28.4
	15:12	ESF 14	300	3	28.6
	15:25	ESF 18	328	2.5	28.5
	15:37	ESF 21	228	2.3	28.2
	15:45	ESF 22	300	3.2	27.8
	00:00	ESF 23	0	0	0
	16:05	ESF 26	302	3.1	27
	15:30	ESF 30	130	2.1	25
	16:13	ESF 28	299	2.3	27.3
	16:20	ESF 31	228	4.2	27.2
	16:35	ESF 32	305	1.3	27.4
	00:00	ESF 27	315	0.5	31
	00:00	ESF 25	300	0.9	33
Média			300	2.4	28

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 22/05/2020, na foz do Rio São Francisco.

Data	Hora	Estação	Direção (°)	Vel. (m.s ⁻¹)	Temp. ar (°C)
22/05/2020	09:21	ESF_D1	121	3.1	28.6
	09:33	ESF 10	149	2.6	29.1
	09:48	ESF 14	103	4.3	29.4
	09:58	ESF 18	134	5.4	29
	10:07	ESF 21	108	4.5	29.1
	10:17	ESF 22	142	5	29
	10:26	ESF 23	121	4.2	29.2
	10:37	ESF 26	150	3.4	29.3
	10:00	ESF 30	335	0.8	27.2
	10:47	ESF 28	135	4.3	30
	10:54	ESF 31	133	4.5	29.9
	11:07	ESF 32	127	1.6	30.8
	11:14	ESF 27	112	2.3	31.4
	11:22	ESF 25	122	5	29.7
Média			130	4.3	29.25

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)
22/05/2020	14:56	ESF_D1	107	5.9	28.7
	15:05	ESF 10	125	4.2	28.8
	15:16	ESF 14	112	4.8	29.2
	15:26	ESF 18	100	5.0	29.3
	15:33	ESF 21	98	4.5	29.1
	15:42	ESF 22	92	3.7	29.0
	15:51	ESF 23	102	3.7	28.9
	15:59	ESF 26	102	4.7	6.1
	16:00	ESF 30	105	3.8	28.4
	16:06	ESF 28	112	5.4	28.6
	16:14	ESF 31	102	3.3	28.5
	16:26	ESF 32	108	1.7	28.4
	16:34	ESF 27	83	1.1	28.2
	16:42	ESF 25	106	2.3	28.1
Média			104	3.8	28.4

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 23/05/2020, na foz do Rio São Francisco.

Data	Hora	Estação	Direção (°)	Vel. (m.s ⁻¹)	Temp. ar (°C)
23/05/2020	14:56	ESF_D1	107	5.9	28.7
	15:05	ESF 10	125	4.2	28.8
	15:16	ESF 14	112	4.8	29.2
	15:26	ESF 18	100	5	29.3
	15:33	ESF 21	98	4.5	29.1
	15:42	ESF 22	92	3.7	29
	15:51	ESF 23	102	3.7	28.9
	15:59	ESF 26	102	4.7	6.1
	16:00	ESF 30	105	3.8	28.4
	16:06	ESF 28	112	5.4	28.6
	16:14	ESF 31	102	3.3	28.5
	16:26	ESF 32	108	1.7	28.4
	16:34	ESF 27	83	1.1	28.2
	16:42	ESF 25	106	2.3	28.1
	Média			104	4

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 23/05/2020, na foz do Rio São Francisco.

Data	Hora	Estação	Direção (°)	Vel. (m.s ⁻¹)	Temp. ar (°C)
23/05/2020	09:21	ESF_D1	121	3.1	28.6
	09:33	ESF 10	149	2.6	29.1
	09:48	ESF 14	103	4.3	29.4
	09:58	ESF 18	134	5.4	29.0
	10:07	ESF 21	108	4.5	29.1
	10:17	ESF 22	142	5	29
	10:26	ESF 23	121	4.2	29.2
	10:37	ESF 26	150	3.4	29.3
	10:00	ESF 30	335	0.8	27.2
	10:47	ESF 28	133	4.3	30
	10:54	ESF 31	133	4.5	29.9
	11:07	ESF 32	127	1.6	30.8
	11:14	ESF 27	112	2.3	31.4
	11:22	ESF 25	122	5	29.7
	Média			130	4.25

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

O período analisado no presente relatório, os ventos sopraram predominantemente da direção de 155°, com velocidade média de 3,47 m.s⁻¹. Os ventos mais intensos foram registrados no período de lua nova, apresentando médias de 4,4 m.s⁻¹, enquanto a média da temperatura atmosférica média foi de 28°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 sul (188°), com velocidade média de 4,43 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 Maio 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	0.00	188.04	347.00	0.00	2.51	31.20	0.00	27.80	33.00
Lua Nova	83.00	123.04	335.00	0.80	4.43	42.00	6.10	28.25	31.40
Média	41.50	155.54	341.00	0.40	3.47	36.60	3.05	28.03	32.20

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 $0,56 \text{ m.s}^{-1}$, a estação amostral que apresentou a maior intensidade de corrente foi a estação ESF 14, no dia 08 de Maio no apresentou velocidade de 1.1 m.s^{-1} . 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 0.5 m.s^{-1} , já na baixamar a média foi de 0.6 m.s^{-1} .

Campanhas móveis realizadas nos dias 08 e 09 de Maio 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 08/05/2020, na foz do Rio São Francisco.

Data	Hora	Estação	Vel.(m.s ⁻¹)	Direção (°)
08.05.2020	08:00	ESF_D1	0.689	213
	08:17	ESF 10	0.618	227
	08:30	ESF 14	0.700	188
	8>43	ESF 18	0.725	189
	08:53	ESF 21	0.729	169
	09:04	ESF 22	0.750	163
	09:20	ESF 23	1.048	140
	09:36	ESF 26	0.898	87
	10:00	ESF 30	0.479	101
	09:45	ESF 28	0.683	57
	09:54	ESF 31	0.614	76
	10:40	ESF 32	0.574	79
	10:25	ESF 27	0.512	56
	10:34	ESF 25	0.487	136

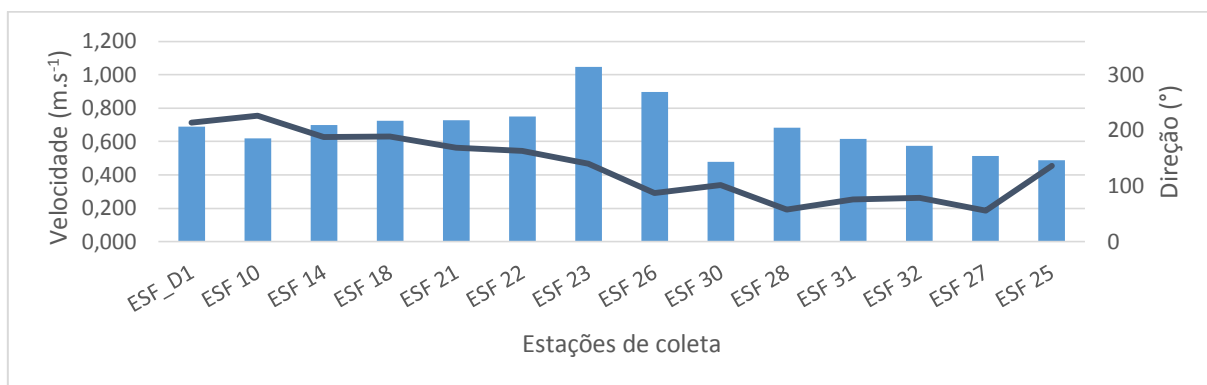


Figura 5: Variação média da velocidade (barras azuis) e da direção (linha azul escuro) das correntes na coluna entre pelas estações de amostragem da cunha salina da foz do Rio São Francisco, durante a preamar da maré de sizígia (lua nova) do dia 08/05/2020.

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 08/05/2020, na foz do Rio São Francisco.

Data	Hora	Estação	Vel.(m.s ⁻¹)	Direção (°)
08.05.2020	15:00	ESF_D1	0.577	355
	15:11	ESF 10	1.741	248
	15:25	ESF 14	0.546	295
	15:35	ESF 18	0.480	8
	15:45	ESF 21	0.317	338
	15:55	ESF 22	0.733	348
	16:04	ESF 23	0.376	323
	16:15	ESF 26	0.420	274
	15:00	ESF 30	0.320	95
	16:23	ESF 28	0.264	248
	16:36	ESF 31	0.475	250
	16:54	ESF 32	0.266	257
	17:10	ESF 27	0.221	237
	17:20	ESF 25	0.271	315

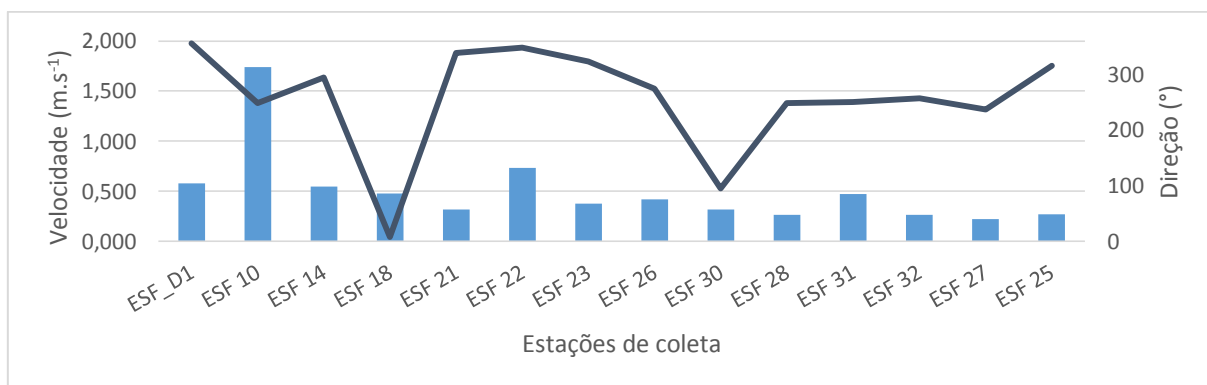


Figura 6: Variação média da velocidade (barras azuis) e da direção (linha azul escuro) das correntes na coluna entre pelas estações de amostragem da cunha salina da foz do Rio São Francisco, durante a preamar da maré de sizígia (lua nova) do dia 08/05/2020.

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 09/05/2020, na foz do Rio São Francisco.

Data	Hora	Estação	Vel.(m.s ⁻¹)	Direção (°)
09.05.2020	08:35	ESF_D1	0.670	177
	08:45	ESF 10	0.450	246
	09:00	ESF 14	0.753	184
	09:13	ESF 18	0.713	186
	09:25	ESF 21	0.620	164
	09:40	ESF 22	0.860	168
	09:50	ESF 23	0.795	148
	10:05	ESF 26	0.790	90
	10:00	ESF 30	0.415	101
	10:15	ESF 28	0.638	68
	10:25	ESF 31	0.686	72
	10:43	ESF 32	0.554	85
	10:52	ESF 27	0.480	62
	10:15	ESF 25	0.502	139

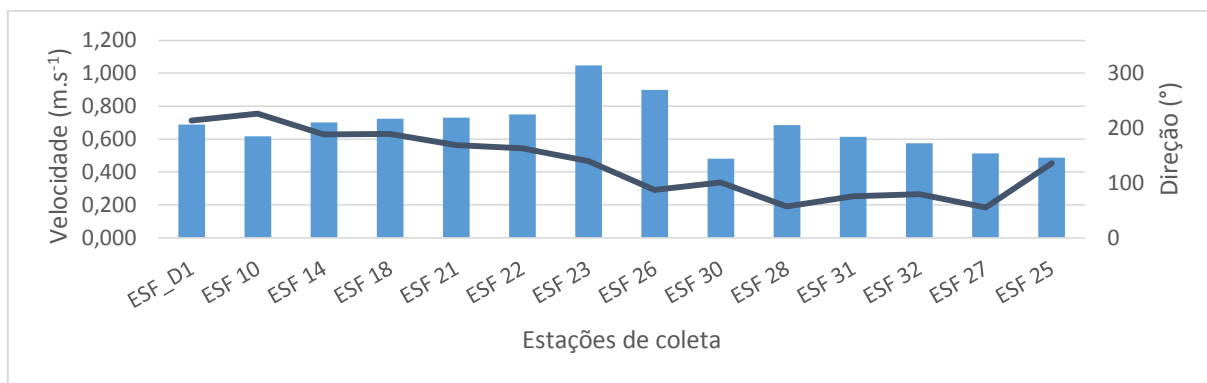


Figura 7: Variação média da velocidade (barras azuis) e da direção (linha azul escuro) das correntes na coluna entre pelas estações de amostragem da cunha salina da foz do Rio São Francisco, durante baixamar da maré de sizígia (lua nova) do dia 09/05/2020.

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 09/05/2020, na foz do Rio São Francisco.

Data	Hora	Estação	Vel.(m.s ⁻¹)	Direção (°)
09.05.20	14:50	ESF_D1	0.307	145
	14:59	ESF 10	0.408	4
	15:12	ESF 14	0.441	352
	15:25	ESF 18	0.386	296
	15:37	ESF 21	0.342	340
	15:45	ESF 22	0.442	342
	00:00	ESF 23	0.795	300
	16:05	ESF 26	0.335	264
	15:30	ESF 30	0.043	129
	16:13	ESF 28	0.259	255
	16:20	ESF 31	0.459	251
	16:35	ESF 32	0.324	258
	00:00	ESF 27	0.314	239
	00:00	ESF 25	0.039	233

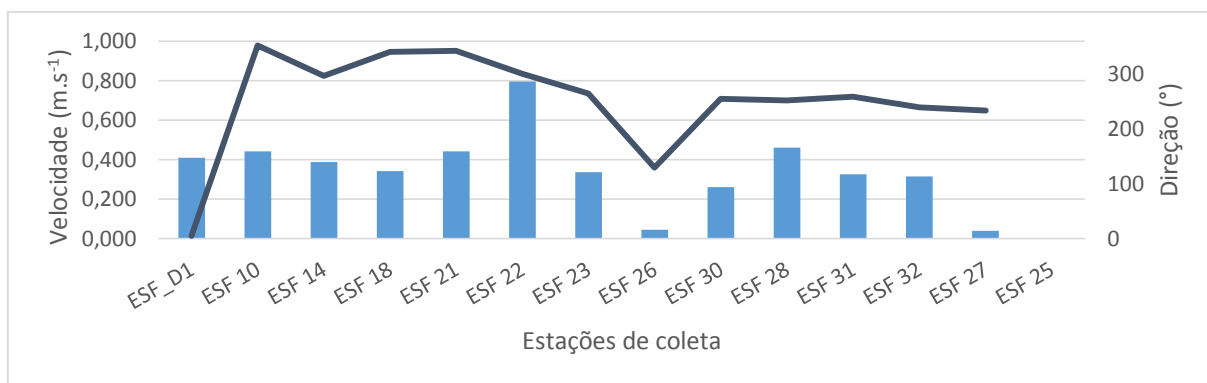


Figura 8: Variação média da velocidade (barras azuis) e da direção (linha azul escuro) das correntes na coluna entre pelas estações de amostragem da cunha salina da foz do Rio São Francisco, durante a preamar da maré de sizígia (lua cheia) do dia 09/05/2020.

Campanhas móveis realizadas nos dias 22 e 23 de Maio 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 22/05/2020, na foz do Rio São Francisco.

Data	Hora	Estação	Vel.(m.s ⁻¹)	Direção (°)
22/05/2020	09:21	ESF_D1	0.821	185
	09:33	ESF 10	0.876	178
	09:48	ESF 14	0.670	185
	09:58	ESF 18	0.700	186
	10:07	ESF 21	0.689	160
	10:17	ESF 22	0.796	166
	10:26	ESF 23	0.901	139
	10:37	ESF 26	0.612	89
	10:00	ESF 30	0.772	103
	10:47	ESF 28	0.511	69
	10:54	ESF 31	0.608	81
	11:07	ESF 32	0.603	76
	11:14	ESF 27	0.511	56
	11:22	ESF 25	0.417	136

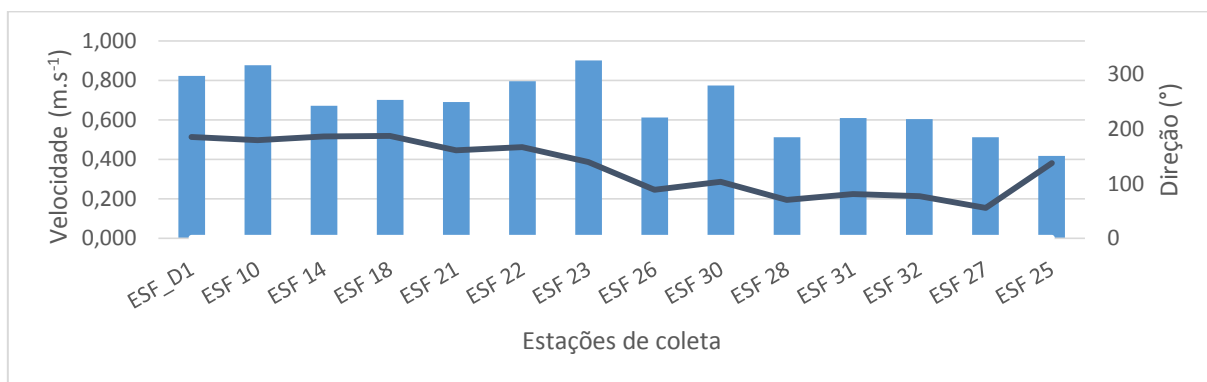


Figura 9: Variação média da velocidade (barras azuis) e da direção (linha azul escuro) das correntes na coluna entre pelas estações de amostragem da cunha salina da foz do Rio São Francisco, durante a baixamar da maré de sizígia (lua Nova) do dia 22/05/2020.

Tabela 17: Dados médio de velocidade e direção da coluna d'água em cada estação de amostragem da cunha salina, durante a premar da maré de sizígia (lua Nova) do dia 22/05/2020, na foz do Rio São Francisco.

Data	Hora	Estação	Vel.(m.s ⁻¹)	Direção (°)
22/05/2020	14:56	ESF_D1	0.504	255
	15:05	ESF 10	0.733	319
	15:16	ESF 14	0.420	297
	15:26	ESF 18	0.458	8
	15:33	ESF 21	0.358	293
	15:42	ESF 22	0.707	346
	15:51	ESF 23	0.324	325
	15:59	ESF 26	0.376	278
	16:00	ESF 30	0.397	286
	16:06	ESF 28	0.288	257
	16:14	ESF 31	0.478	247
	16:26	ESF 32	0.253	266
	16:34	ESF 27	0.245	234
	16:42	ESF 25	0.298	310

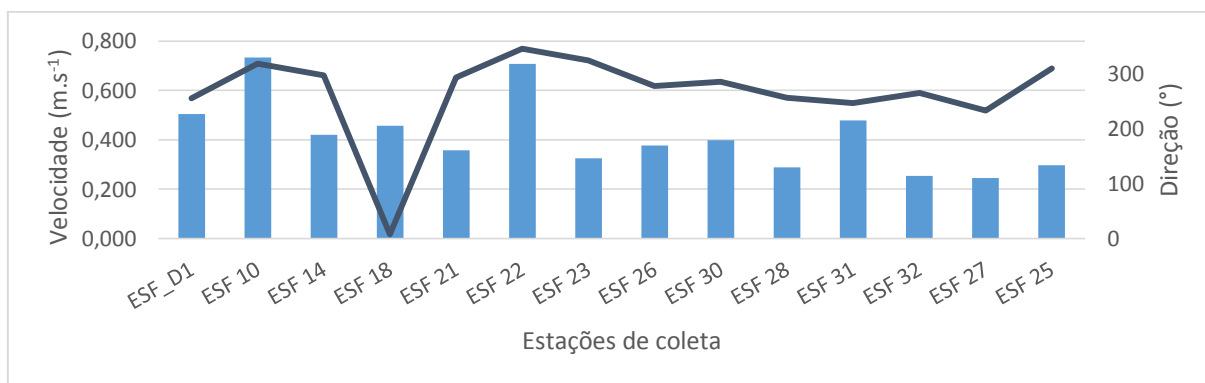


Figura 10: Variação média da velocidade (barras azuis) e da direção (linha azul escura) das correntes na coluna entre pelas estações de amostragem da cunha salina da foz do Rio São Francisco, durante a premar da maré de sizígia (lua Nova) do dia 22/05/2020.

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 23/05/2020, na foz do Rio São Francisco.

Data	Hora	Estação	Vel.(m.s ⁻¹)	Direção (°)
23/05/2020	09:21	ESF_D1	0.821	185
	09:33	ESF 10	0.876	178
	09:48	ESF 14	0.670	185
	09:58	ESF 18	0.700	186
	10:07	ESF 21	0.689	160
	10:17	ESF 22	0.796	166
	10:26	ESF 23	0.901	139
	10:37	ESF 26	0.710	89
	10:00	ESF 30	0.896	103
	10:47	ESF 28	0.580	69
	10:54	ESF 31	0.723	81
	11:07	ESF 32	0.746	76
	11:14	ESF 27	0.633	56
	11:22	ESF 25	0.495	136

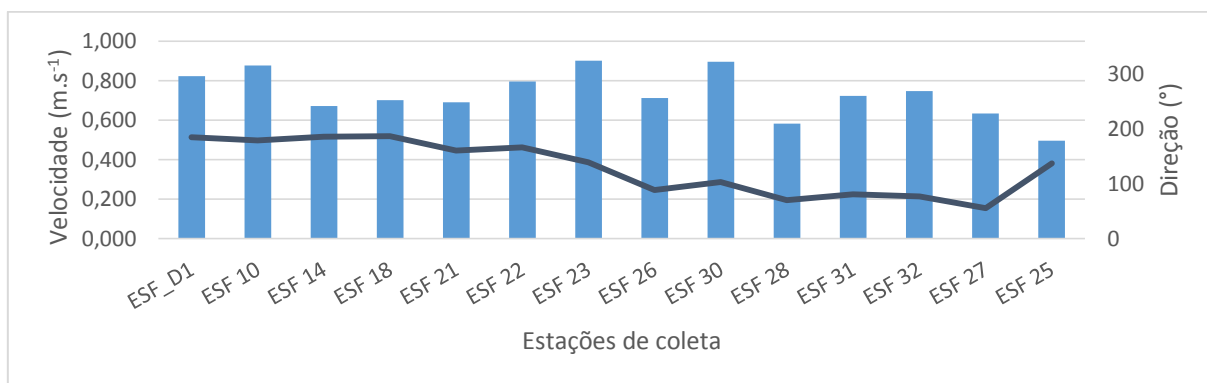


Figura 11: Variação média da velocidade (barras azuis) e da direção (linha azul escuro) das correntes na coluna entre pelas estações de amostragem da cunha salina da foz do Rio São Francisco, durante a baixamar da maré de sizígia (lua Nova) do dia 23/05/2020.

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 23/05/2020, na foz do Rio São Francisco.

Data	Hora	Estação	Vel.(m.s ⁻¹)	Direção (°)
23/05/2020	14:56	ESF_D1	0.504	255
	15:05	ESF 10	0.733	319
	15:16	ESF 14	0.420	297
	15:26	ESF 18	0.458	8
	15:33	ESF 21	0.350	293
	15:42	ESF 22	0.706	346
	15:51	ESF 23	0.324	325
	15:59	ESF 26	0.376	278
	16:00	ESF 30	0.397	286
	16:06	ESF 28	0.288	257
	16:14	ESF 31	0.478	247
	16:26	ESF 32	0.253	266
	16:34	ESF 27	0.245	234
	16:42	ESF 25	0.298	310

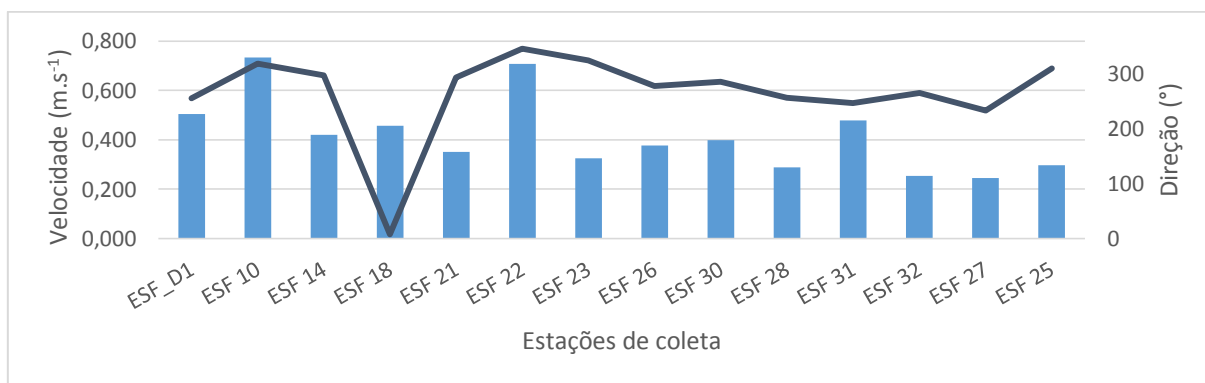


Figura 12: Variação média da velocidade (barras azuis) e da direção (linha azul escuro) das correntes na coluna entre pelas estações de amostragem da cunha salina da foz do Rio São Francisco, durante a preamar da maré de sizígia (lua Nova) do dia 23/05/2020.

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 Maio 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 Maio 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 08 de Maio 2020. Através dos gráficos gerados foi possível verificar que a cunha salina esteve em menor intensidade em todos os registros das campanhas móveis, como pode ser visto na representação gráfica do dia 09 na baixamar onde a cunha esteve inexistente nos pontos amostrais na foz do rio.

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

Baixamar e preamar dos dias 08 e 09 de Maio de 2020.

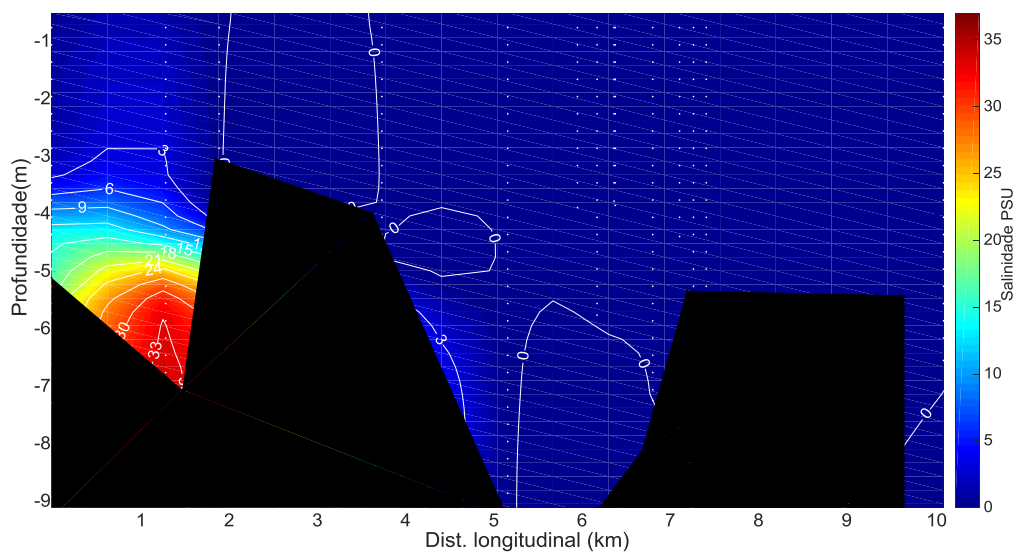


Figura 13: Distribuição longitudinal da salinidade na foz do rio São Francisco, variando da estação ESF 10 (ponto mais próximo à foz) à ESF 30 (ponto mais distante da foz), no período de baixamar do dia 08 de Maio 2020. Os pontos brancos indicam a localização longitudinal de cada perfil.

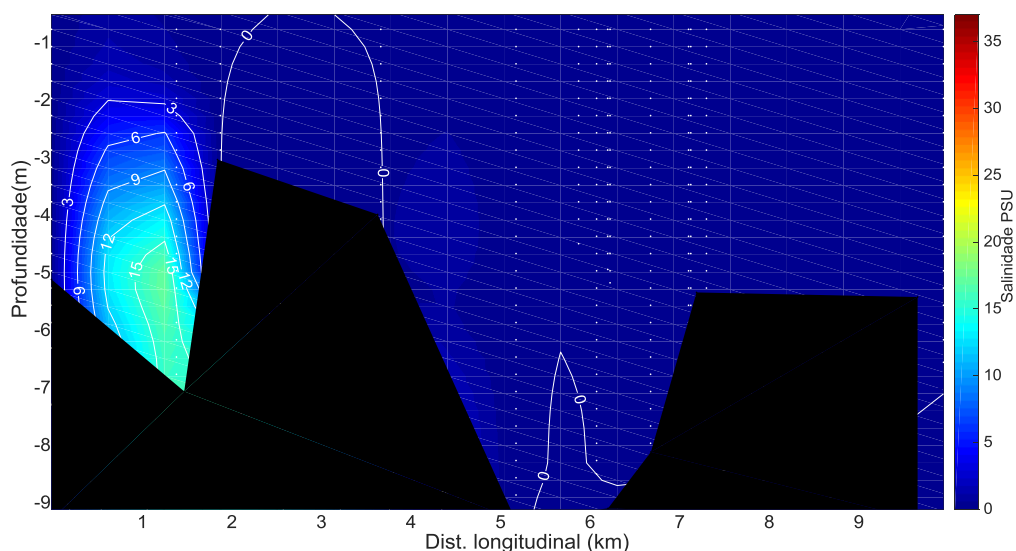


Figura 14: Distribuição longitudinal da salinidade na foz do rio São Francisco, variando da estação ESF 10 (ponto mais próximo à foz) à ESF 30 (ponto mais distante da foz), no período de preamar do dia 08 de Maio 2020. Os pontos brancos indicam a localização longitudinal de cada perfil.

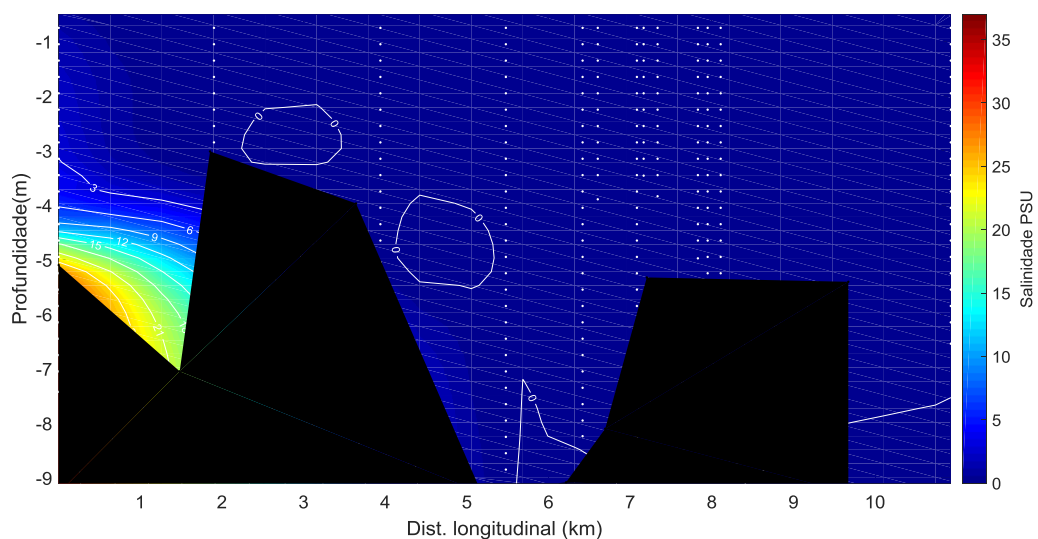


Figura 15: Distribuição longitudinal da salinidade na foz do rio São Francisco, variando da estação ESF 10 (ponto mais próximo à foz) à ESF 30 (ponto mais distante da foz), no período de baixamar do dia 08 de Maio de 2020. Os pontos brancos indicam a localização longitudinal de cada perfil.

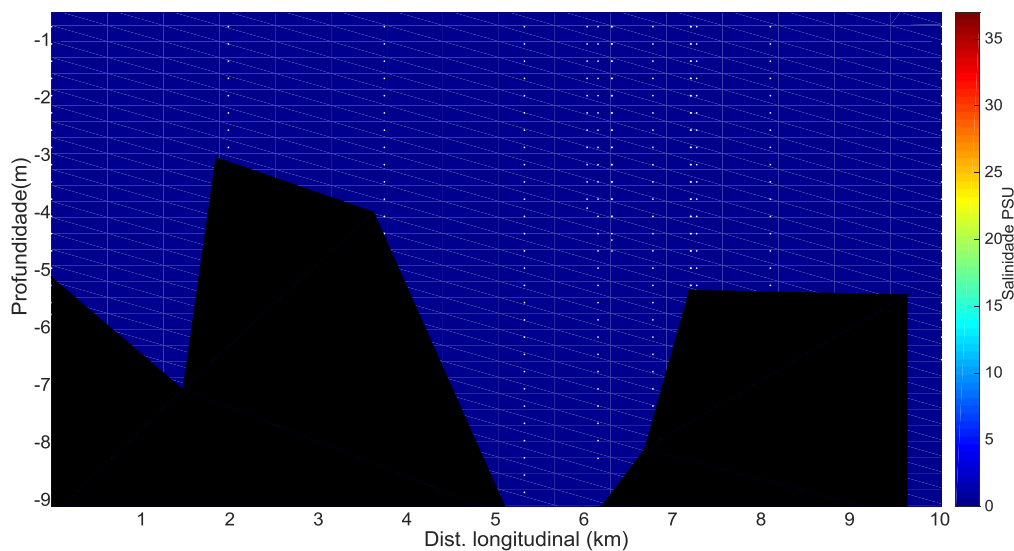


Figura 16: Distribuição longitudinal da salinidade na foz do rio São Francisco, variando da estação ESF 10 (ponto mais próximo à foz) à ESF 30 (ponto mais distante da foz), no período de preamar do dia 08 de Maio de 2020. Os pontos brancos indicam a localização longitudinal de cada perfil.

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

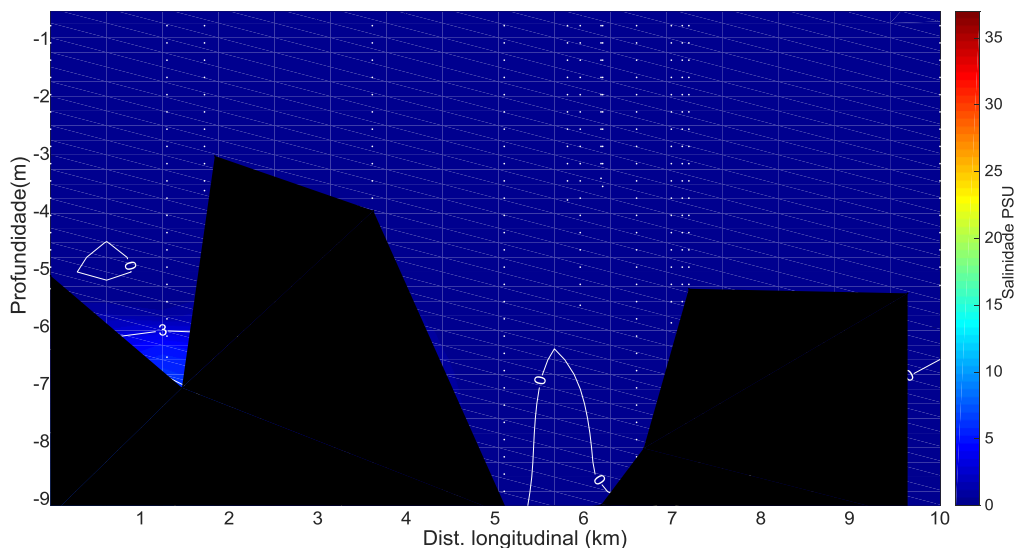


Figura 17: Distribuição longitudinal da salinidade na foz do rio São Francisco, variando da estação ESF 10 (ponto mais próximo à foz) à ESF 30 (ponto mais distante da foz), no período de baixamar do dia 22 de Maio de 2020. Os pontos brancos indicam a localização longitudinal de cada perfil.

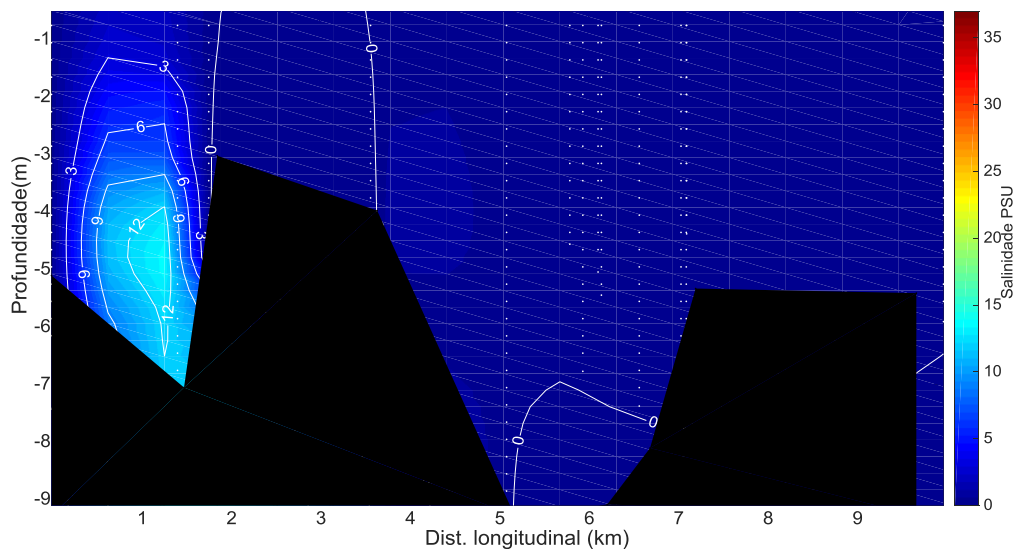


Figura 18: Distribuição longitudinal da salinidade na foz do rio São Francisco, variando da estação ESF 10 (ponto mais próximo à foz) à ESF 30 (ponto mais distante da foz), no período de preamar do dia 22 de Maio de 2020. Os pontos brancos indicam a localização longitudinal de cada perfil.

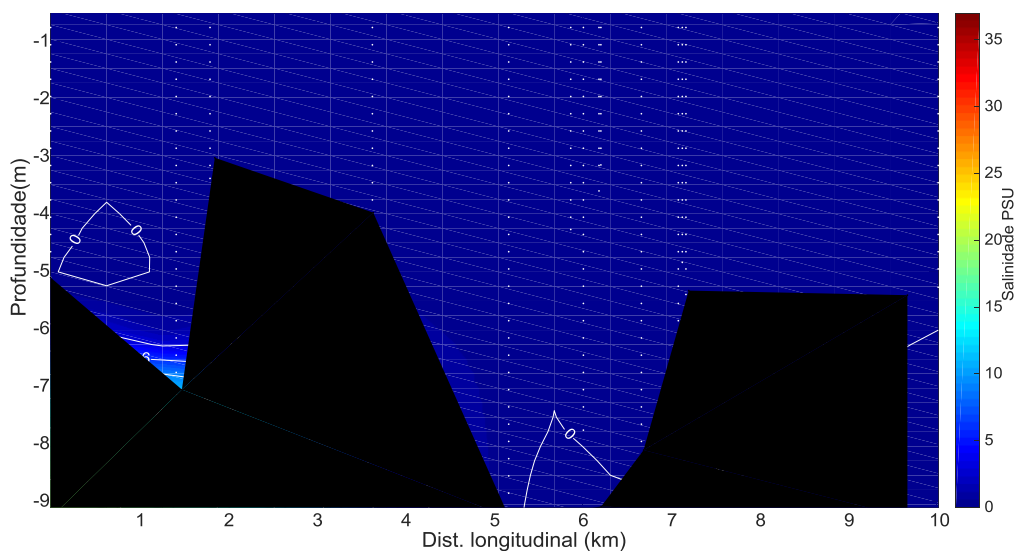


Figura 19: Distribuição longitudinal da salinidade na foz do rio São Francisco, variando da estação ESF 10 (ponto mais próximo à foz) à ESF 30 (ponto mais distante da foz), no período de baixamar do dia 23 de Maio de 2020. Os pontos brancos indicam a localização longitudinal de cada perfil.

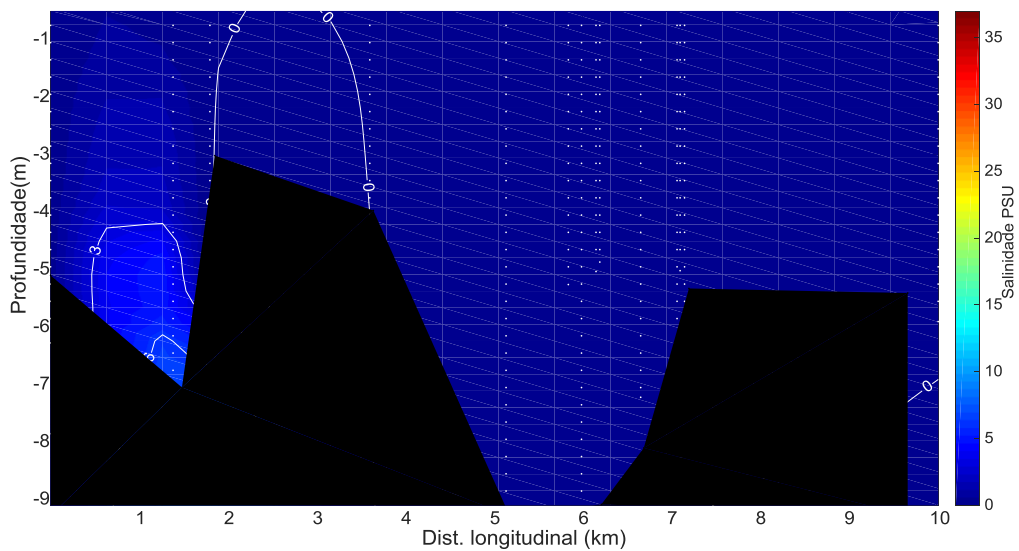


Figura 20: Distribuição longitudinal da salinidade na foz do rio São Francisco, variando da estação ESF 10 (ponto mais próximo à foz) à ESF 30 (ponto mais distante da foz), no período de preamar do dia 23 de Maio de 2020. Os pontos brancos indicam a localização longitudinal de cada perfil.

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 Maio de 2020, 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 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 próximo ao ponto ESF 26 e próximo à foz (Figura 21). De maneira geral a temperatura esteve entre 28,8 e 33 °C, como mostram as (Figuras 21 a 26).

Baixamar e preamar do dia 08 e 09 de Maio de 2020

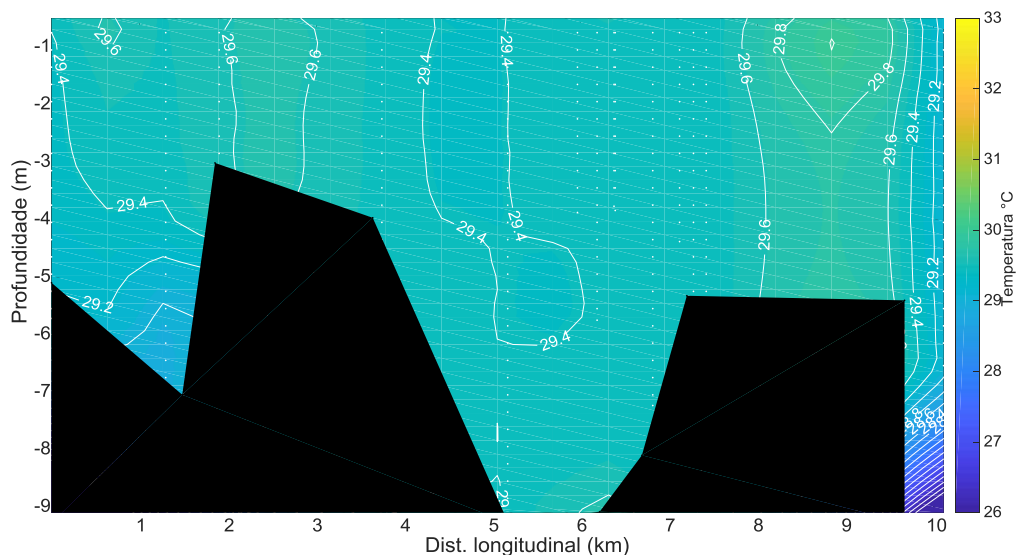


Figura 21: Distribuição longitudinal da temperatura da água na foz do rio São Francisco, variando da estação ESF 10 (ponto mais próximo à foz) à estação ESF 30 (ponto mais distante da foz,) no período de baixamar do dia 08 Maio de 2020. Os pontos brancos indicam a localização longitudinal de cada perfil.

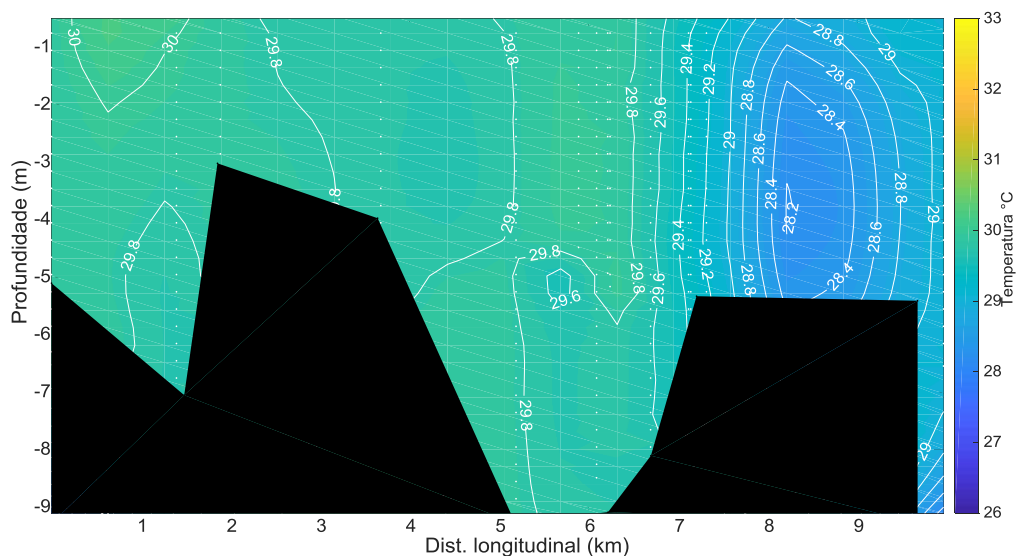


Figura 22: Distribuição longitudinal da temperatura da água na foz do rio São Francisco, variando da estação ESF 10 (ponto mais próximo à foz) à estação ESF 30 (ponto mais distante da foz,) no período de preamar do dia 08 de Maio 2020. Os pontos brancos indicam a localização longitudinal de cada perfil.

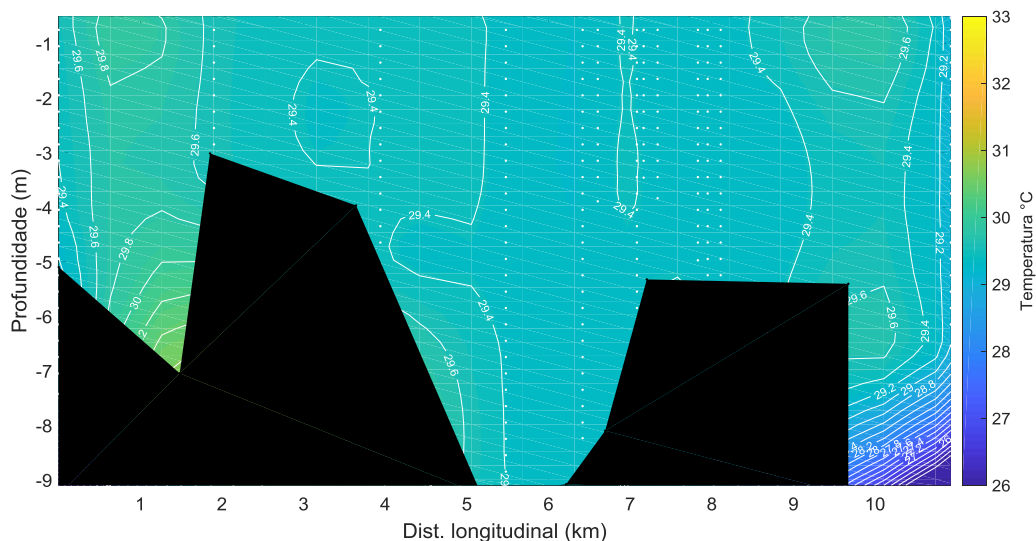


Figura 23: Distribuição longitudinal da temperatura da água na foz do rio São Francisco, variando da estação ESF 10 (ponto mais próximo à foz) à estação ESF 30 (ponto mais distante da foz,) no período de baixamar do dia 09 de Maio de 2020. Os pontos brancos indicam a localização longitudinal de cada perfil.

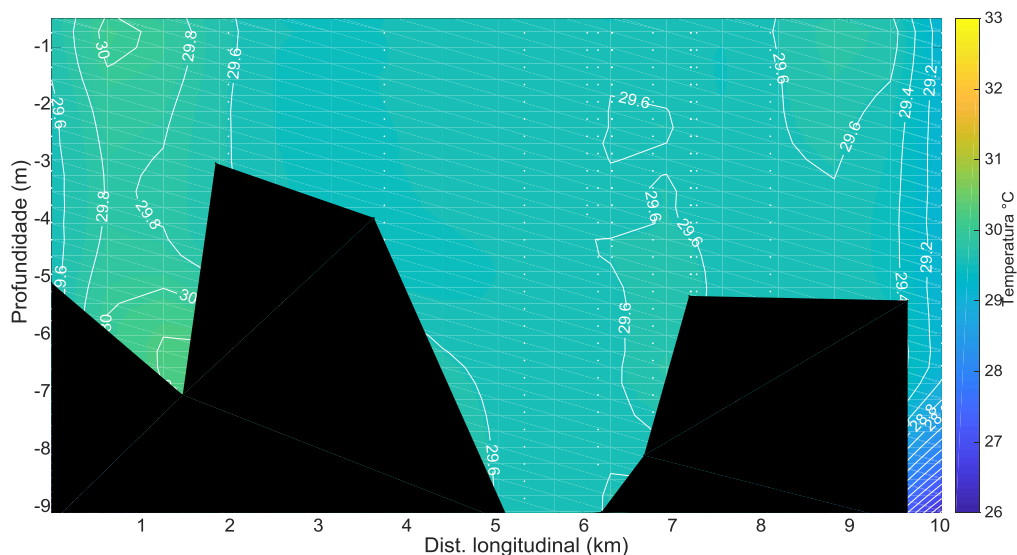


Figura 24: Distribuição longitudinal da temperatura da água na foz do rio São Francisco, variando da estação ESF 10 (ponto mais próximo à foz) à estação ESF 30 (ponto mais distante da foz,) no período de preamar do dia 09 de Maio de 2020. Os pontos brancos indicam a localização longitudinal de cada perfil.

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

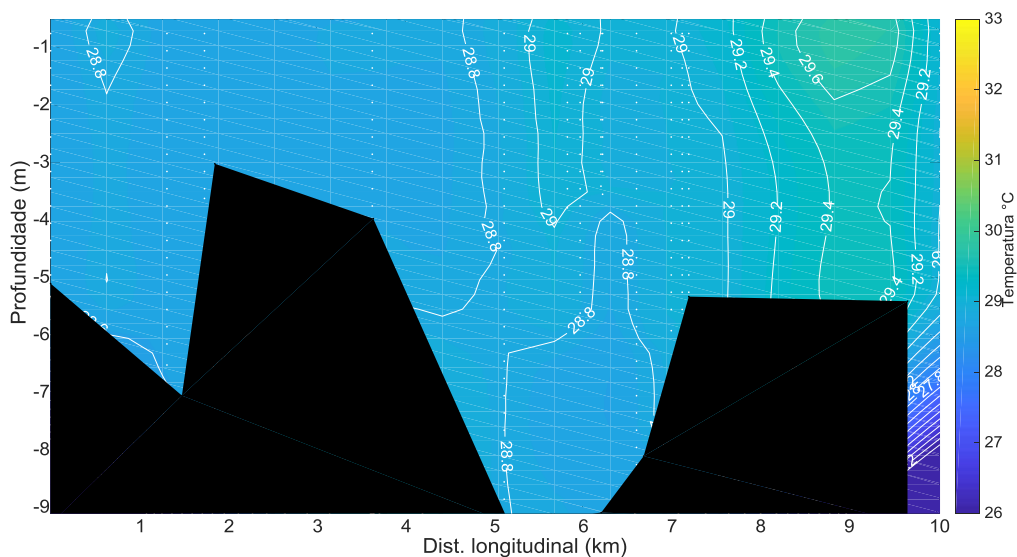


Figura 25: Distribuição longitudinal da temperatura da água na foz do rio São Francisco, variando da estação ESF 10 (ponto mais próximo à foz) à estação ESF 30 (ponto mais distante da foz,) no período de baixamar do dia 22 de Maio de 2020. Os pontos brancos indicam a localização longitudinal de cada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

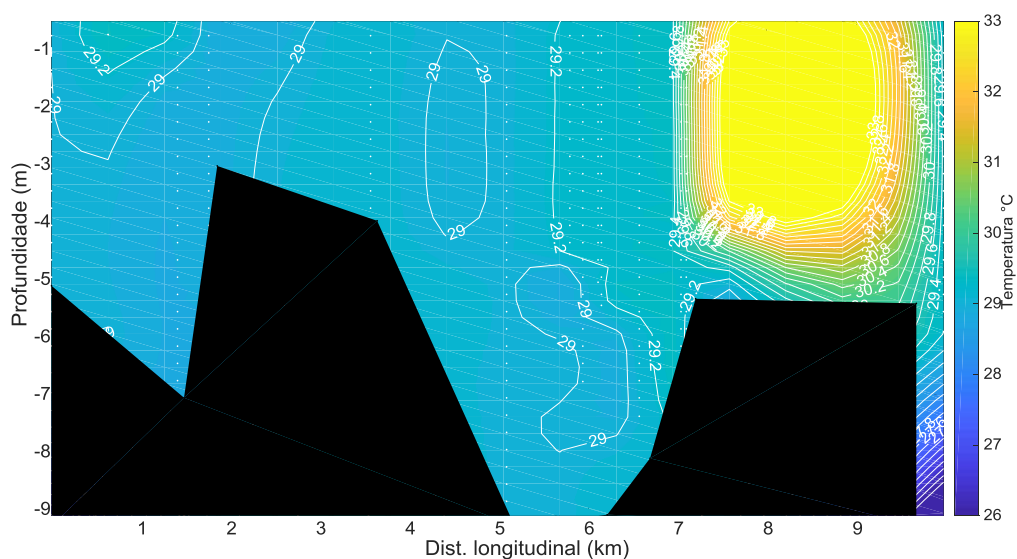


Figura 26: Distribuição longitudinal da temperatura da água na foz do rio São Francisco, variando da estação ESF 10 (ponto mais próximo à foz) à estação ESF 30 (ponto mais distante da foz,) no período de preamar do dia 22 de Maio de 2020. Os pontos brancos indicam a localização longitudinal de cada perfil.

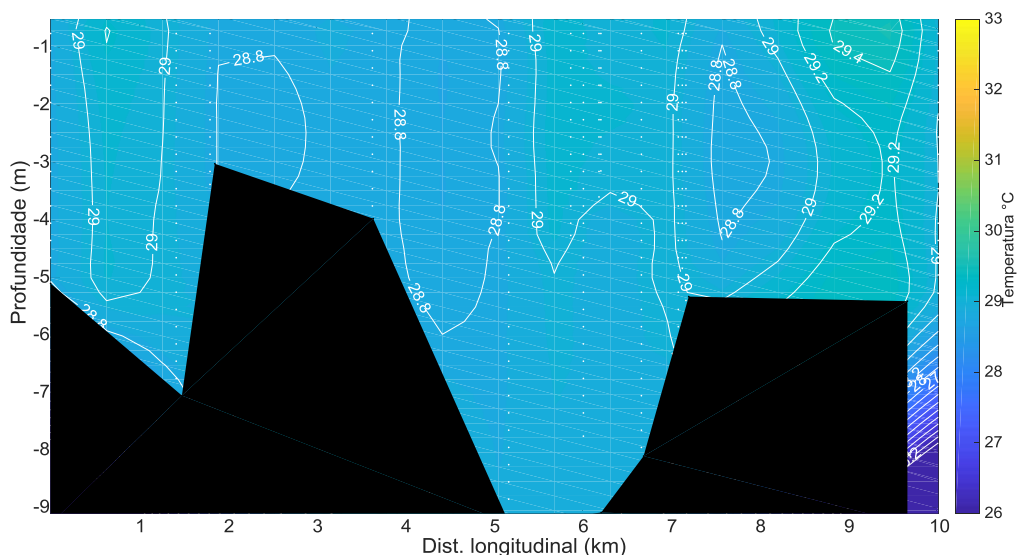


Figura 27: Distribuição longitudinal da temperatura da água na foz do rio São Francisco, variando da estação ESF 10 (ponto mais próximo à foz) à estação ESF 30 (ponto mais distante da foz,) no período de baixamar do dia 23 de Maio de 2020. Os pontos brancos indicam a localização longitudinal de cada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

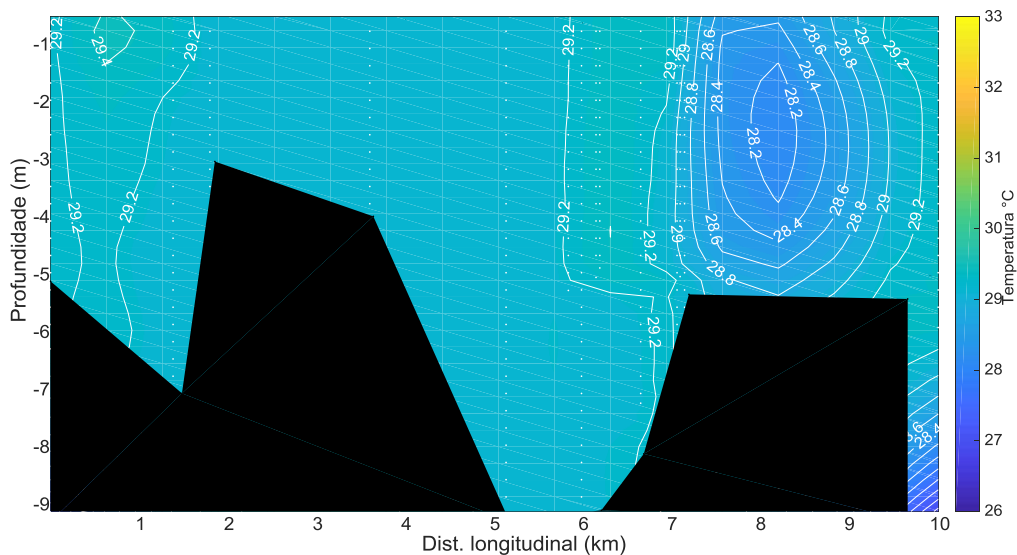


Figura 28: Distribuição longitudinal da temperatura da água na foz do rio São Francisco, variando da estação ESF 10 (ponto mais próximo à foz) à estação ESF 30 (ponto mais distante da foz,) no período de preamar do dia 23 de Maio de 2020. Os pontos brancos indicam a localização longitudinal de cada perfil.

MONITORAMENTO FIXO

As Tabelas 20 a 23 apresentam os dados relativos ao horário das coletas, direção e velocidade dos ventos no monitoramento fixo nas estações de captação em Brejo Grande – SE e Piaçabuçu – Al (localidade de Penedinho), cujos dados podem ser visualizados nas Figuras 29 a 32.

A velocidade da corrente mais intensas foram registradas no monitoramento na localidade de Penedinho-SE no dia 10 de Maio 2020, quando atingiu $0,88 \text{ m.s}^{-1}$. 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, campanhas fixas realizadas nos dias 09 e 10 de Maio 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 09 de Maio de 2020.

Data	Hora	Vel.(m.s ⁻¹)	Direção (°)
09.05.20	16:35	0.290	244
	17:40	0.101	180
	18:35	0.064	263
	19:30	0.381	73
	20:30	0.570	72
	21:30	0.616	71
	22:30	0.638	73
	23:30	0.720	70
	00:30	0.655	72
	01:30	0.472	77
	02:30	0.490	73
	03:30	0.052	243
	04:30	0.298	258

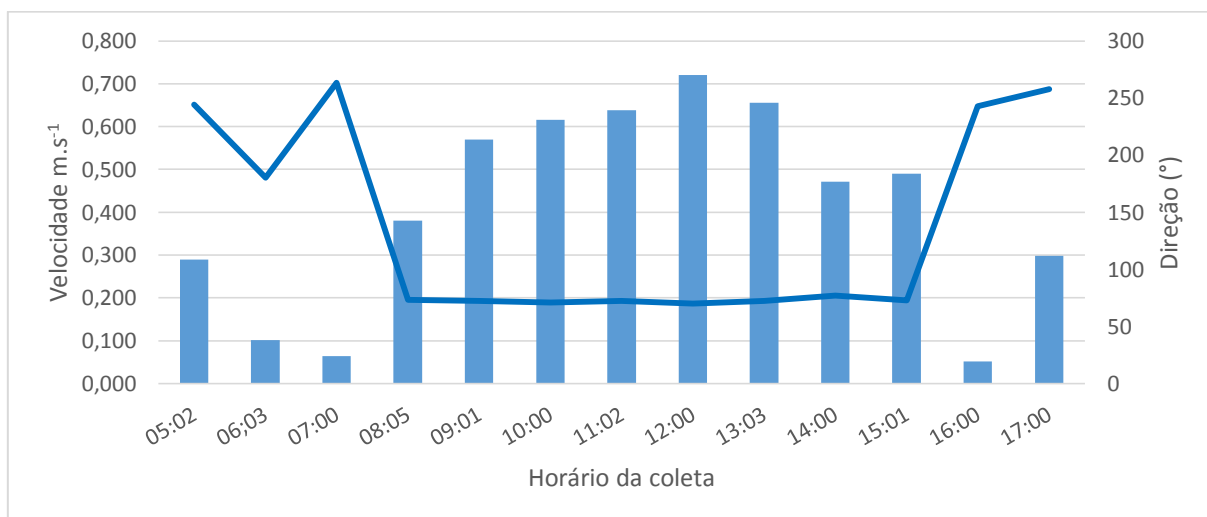


Figura 29: Dados hidrodinâmicos coletados durante a campanha fixa em Brejo Grande no dia 09 de Maio de 2020. As barras azuis representam a velocidade da corrente e a linha laranja a direção.

Tabela 21: Dados médio de velocidade e direção da coluna d'água durante o monitoramento fixo na bomba de captação de água da cidade de Piaçabuçu-AL (Penedinho, ESF30) no dia 10 de Maio de 2020

Data	Hora	Vel.(m.s ⁻¹)	Direção (°)
10.05.20	05:45	0.348	271
	06:35	0.181	281
	07:15	0.227	93
	08:00	0.507	50
	09:00	0.759	101
	10:00	0.479	101
	11:00	0.881	100
	12:00	0.787	101
	13:00	0.758	100
	14:00	0.571	99
	15:00	0.315	98
	15:30	0.038	147

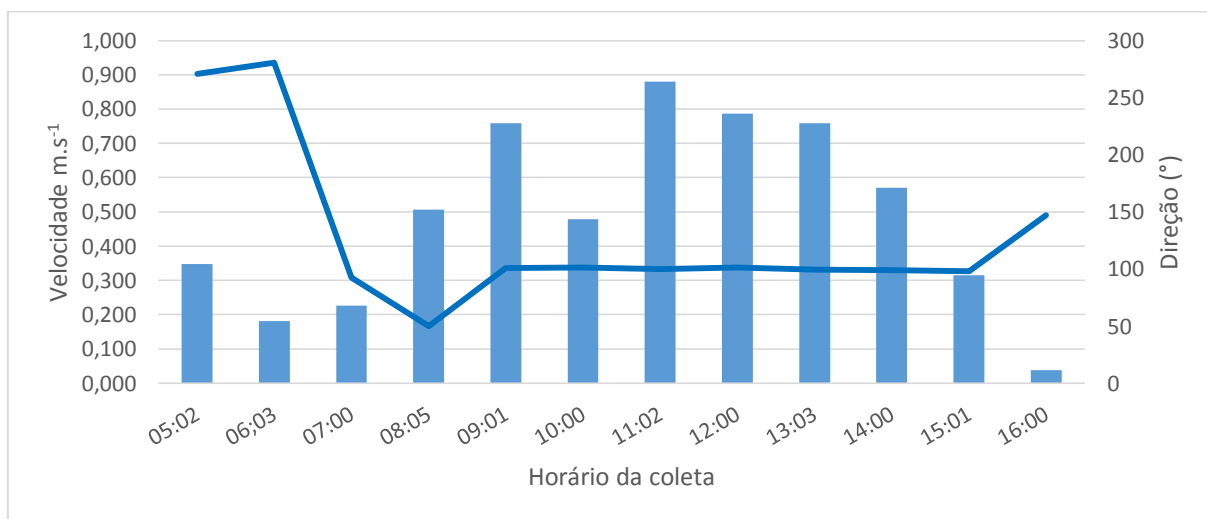


Figura 30: Dados hidrodinâmicos coletados durante a campanha fixa na bomba de captação de água da cidade de Piaçabuçu-AL (Penedinho, ESF 30), no dia 10 de Maio. As barras azuis representam a velocidade da corrente e a linha laranja a direção.

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

Data	Hora	Vel.(m.s ⁻¹)	Direção (°)
24/05/2020	05:02	0.248	279
	06:03	0.144	95
	07:00	0.583	104
	08:05	0.747	104
	09:01	0.852	103
	10:00	0.896	103
	11:02	0.896	102
	12:00	0.865	104
	13:03	0.668	103
	14:00	0.247	99
	15:01	0.344	281
	16:00	0.397	286
	17:00	0.377	286

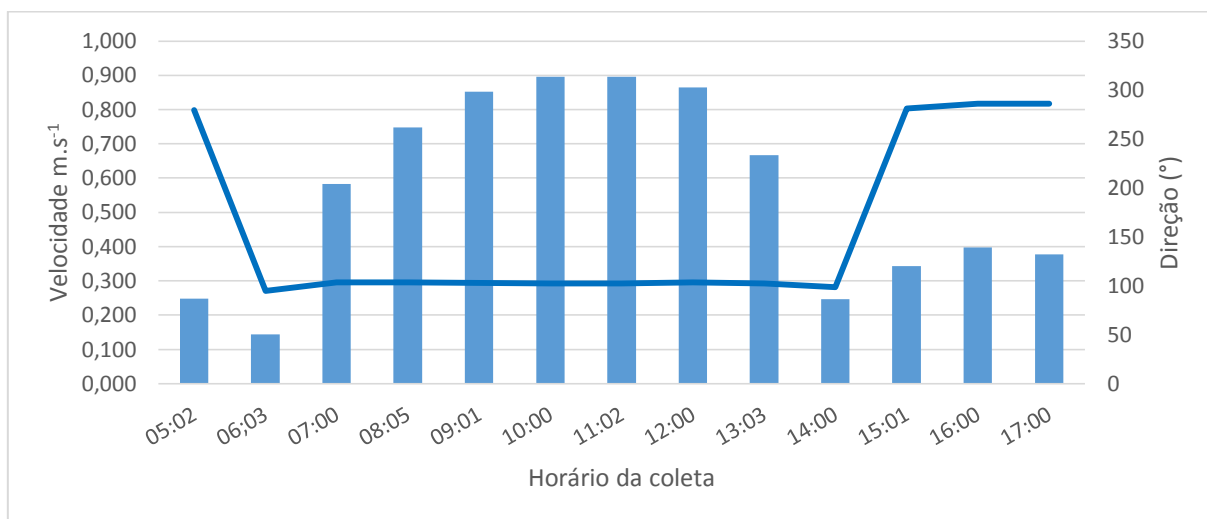


Figura 31: Dados hidrodinâmicos coletados durante a campanha fixa da cidade de Piaçabuçu-AL (Penedinho, ESF30) no dia 24 de Maio de 2020. As barras azuis representam a velocidade da corrente e a linha laranja a direção.

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

Data	Hora	Vel.(m.s ⁻¹)	Direção (°)
25/05/2020	04:00	0.242	266
	04:55	0.271	261
	05:50	0.141	263
	06:50	0.188	66
	07:45	0.538	76
	08:40	0.741	74
	09:35	0.835	74
	10:30	0.696	72
	11:25	0.743	71
	12:20	0.771	70
	13:15	0.662	73
	14:10	0.409	71
	15:05	0.087	258

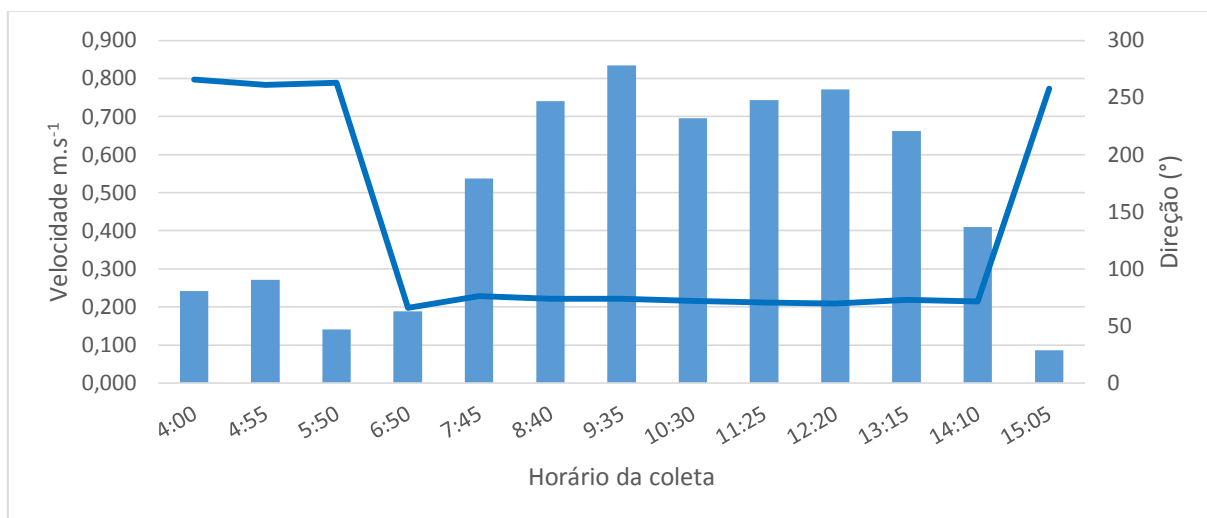


Figura 32: Dados hidrodinâmicos coletados durante a campanha fixa na bomba de captação de água da cidade de Brejo Grande – SE (ESF32), no dia 25 de Maio de 2020. As barras azuis representam a velocidade da corrente e a linha laranja a direção.

As Figuras 33 a 36 representam a distribuição temporal de salinidade da água das campanhas fixas de 12 horas, realizadas nos dias ,09, 10, 24 e 25 de Maio 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

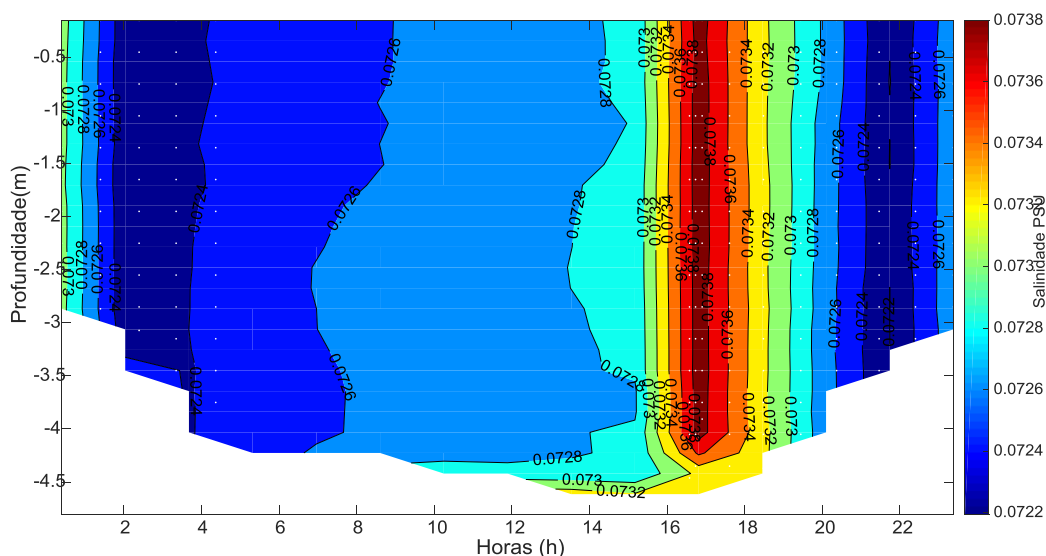


Figura 33: Distribuição temporal da salinidade da água durante o monitoramento fixo da cunha salina, realizado no dia 08-09 de Maio de 2020, nas proximidades da bomba de captação de água da cidade de Brejo Grande (ESF 32). Os pontos brancos representam o momento do dia da campanha quando os perfis foram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

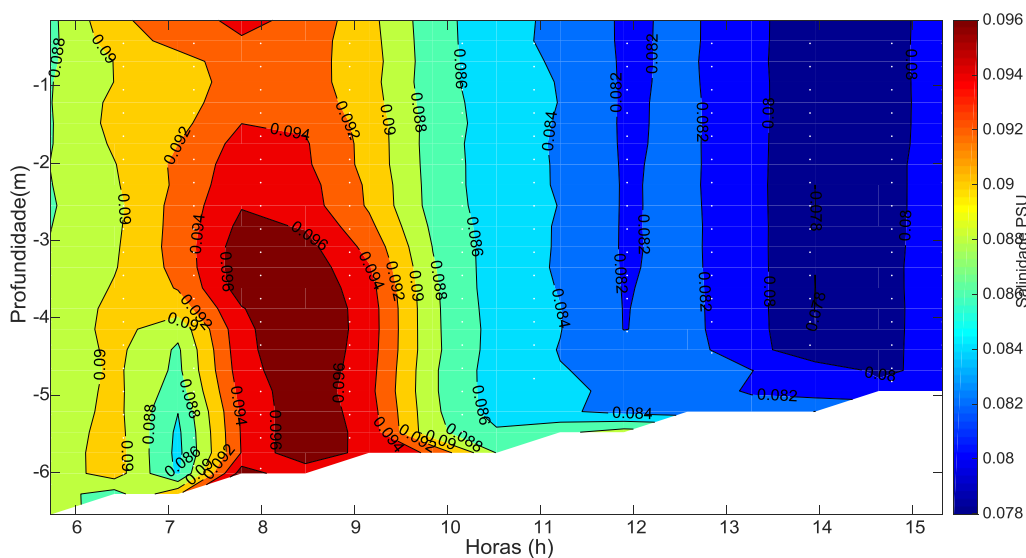


Figura 34: Distribuição temporal da salinidade da água durante o monitoramento fixo da cunha salina, realizado no dia 09 de Maio de 2020, nas proximidades da bomba de captação de água da cidade de Penedinho-AL (ESF 30). Os pontos brancos representam o momento do dia da campanha quando os perfis foram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

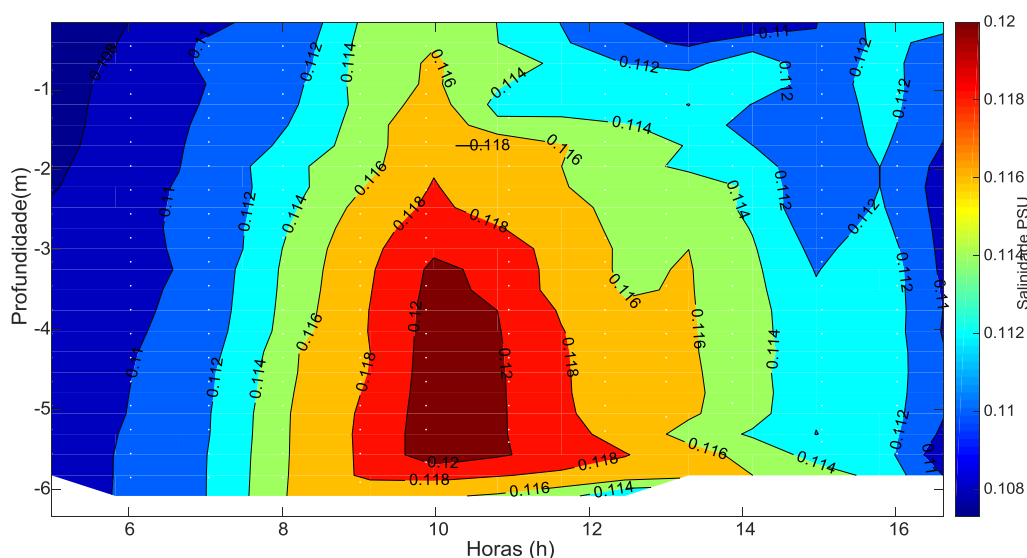


Figura 35: Distribuição temporal da salinidade da água durante o monitoramento fixo da cunha salina, realizado no dia 24 de Maio de 2020, nas proximidades da bomba de captação de água da cidade de Piaçabuçu (Penedinho, ESF 30). Os pontos brancos representam o momento do dia da campanha quando os perfis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

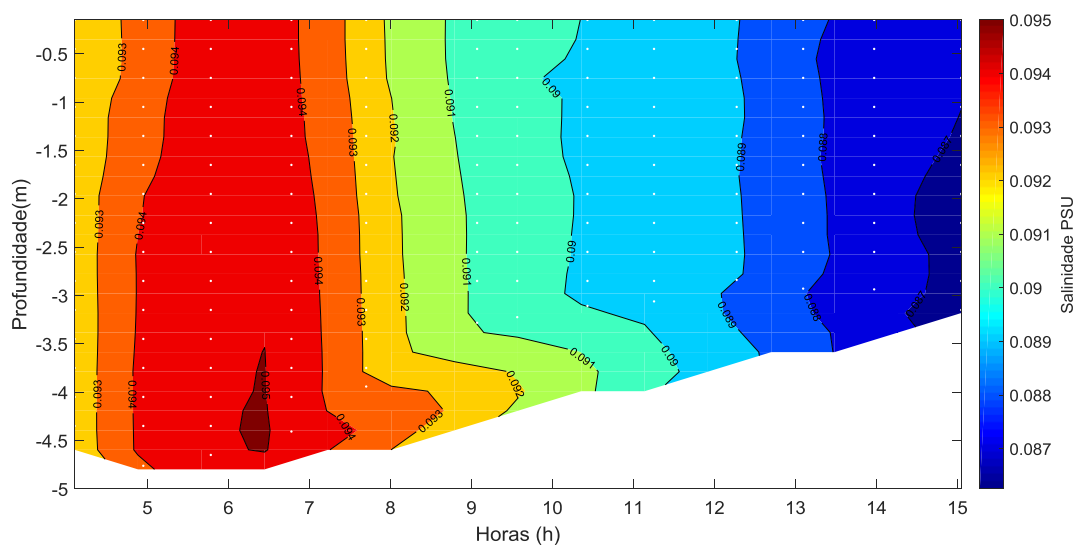


Figura 36: Distribuição temporal da salinidade da água durante o monitoramento fixo da cunha salina, realizado no dia 25 de Maio de 2020, nas proximidades da bomba de captação de água da cidade de Brejo Grande - SE (ESF 32). Os pontos brancos representam o momento do dia da campanha quando os perfis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

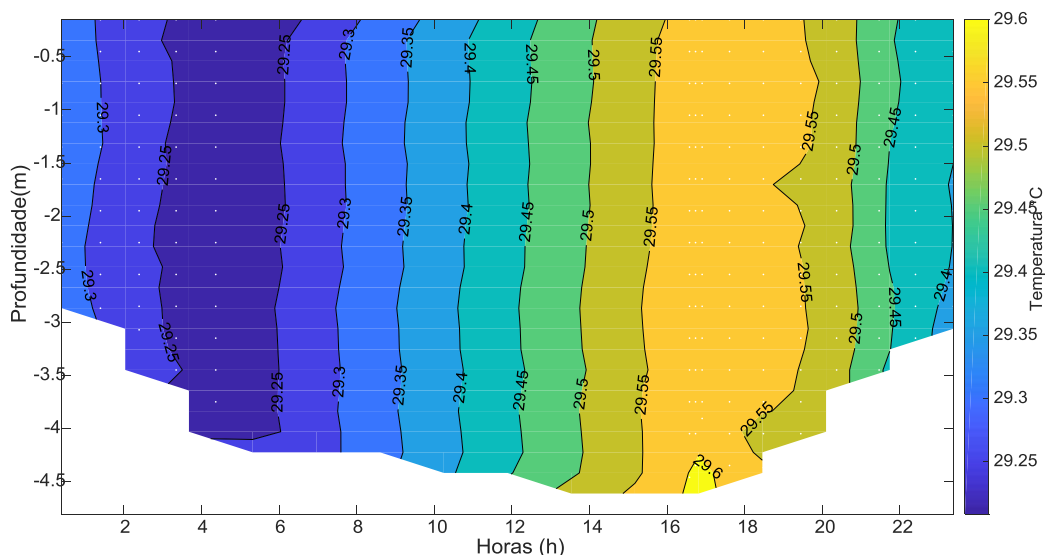


Figura 37: Distribuição temporal da temperatura da água durante o monitoramento fixo realizado no dia 09 de Maio de 2020, nas proximidades da bomba de captação de água da cidade de Brejo Grande (ESF 32). Os pontos brancos representam o momento do dia da campanha quando os perfis foram realizados e o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

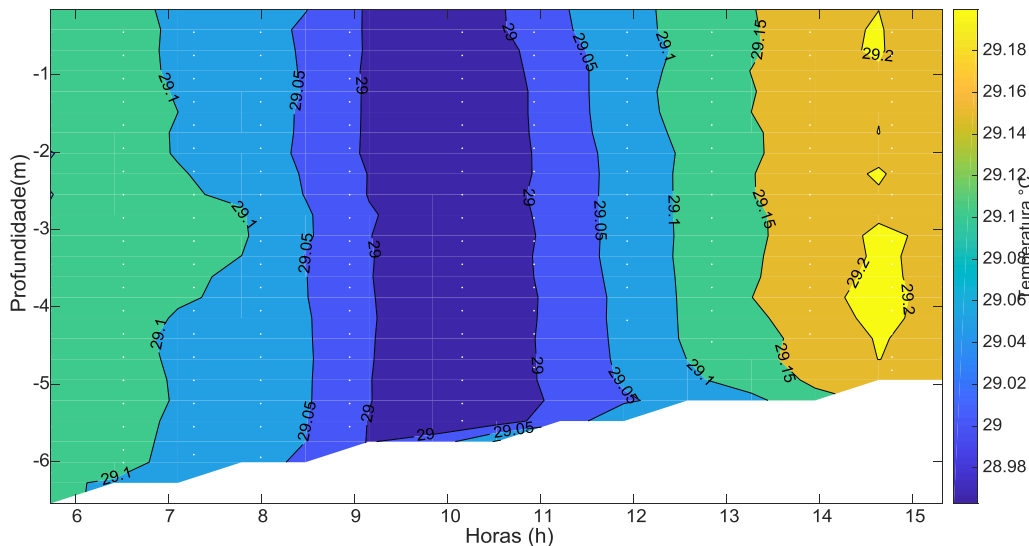


Figura 38: Distribuição temporal da temperatura para o monitoramento fixo de 12 horas da cunha salina, realizado no dia 10 de Maio de 2020 nas proximidades da bomba de captação de água da cidade de Brejo Grande (ESF 32). Os pontos brancos representam o momento do dia da campanha quando os perfis foram realizados e o formato do fundo corresponde à variação do nível da coluna d'água ou o ponto máximo de alcance do CTD.

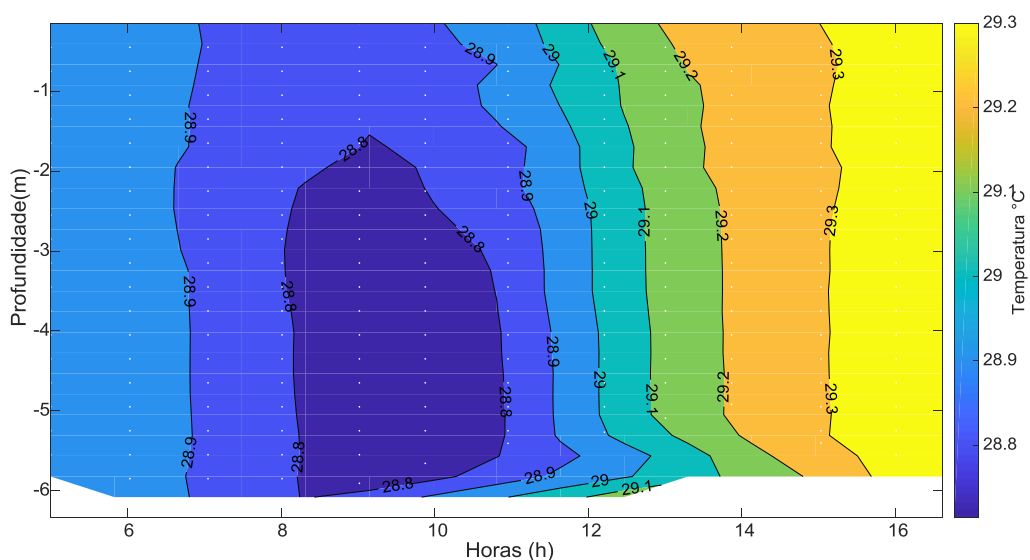


Figura 39: Distribuição temporal da temperatura para o monitoramento fixo de 12 horas da cunha salina, realizado no dia 24 de Maio de 2020 nas proximidades da bomba de captação de água da cidade de Piaçabuçu (Penedinho, ESF 30). Os pontos brancos representam o momento do dia da campanha quando os perfis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

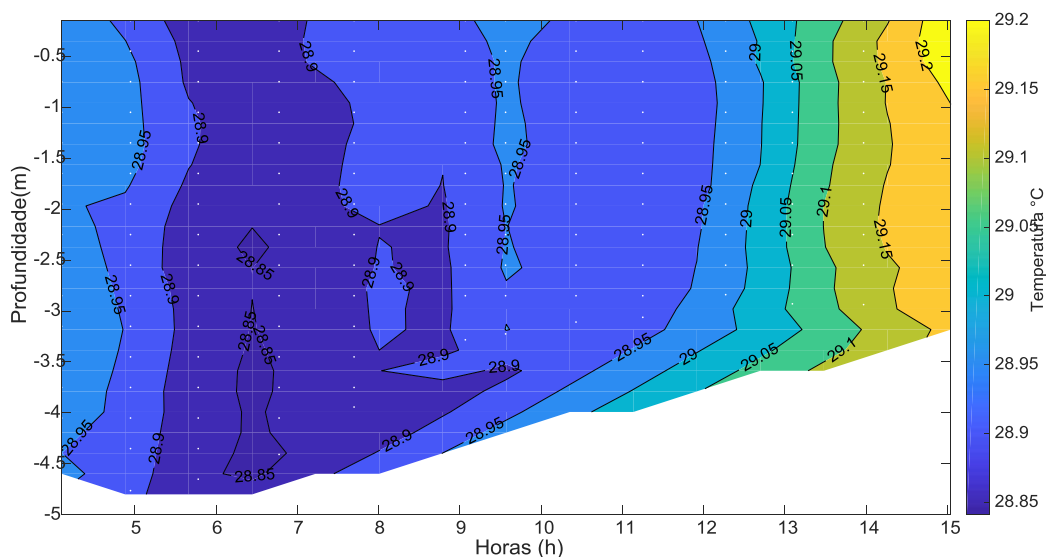


Figura 40: Distribuição temporal da temperatura para o monitoramento fixo de 12 horas da cunha salina, realizado no dia 25 de Maio de 2020 nas proximidades da bomba de captação de água da cidade Brejo Grande-SE (ESF 32). Os pontos brancos representam o momento do dia da campanha quando os perfis foram 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 m nos dias 08 de Maio 2020 e a máxima de 2,3m no dia 08 de Maio de 2020. Os ventos sopraram de forma predominantes da direção sudeste 155° , com velocidade média de $3,47 \text{ m.s}^{-1}$, e a temperatura atmosférica média foi de $27,8^\circ \text{C}$ para o período de lua nova e $28,2^\circ \text{C}$ para o período de lua cheia.

As correntes apresentaram seu deslocamento de forma bidirecional, de acordo com a disposição geomorfológica de cada estação, tendo 8 delas (ESF D1, ESF 10, ESF 14, ESF 18, ESF 21, ESF 22, ESF 23 e ESF 25) apresentado variação entre o eixo de $120^\circ - 300^\circ$ (sudeste-noroeste), e as estações ESF, 26, ESF 27, ESF 28, ESF 30, ESF 31 e ESF 32 se deslocado no eixo nordeste-sudoeste. A correntes mais intensas foram registradas nos momentos de vazante da maré nas estações localizadas no eixo sudeste-noroeste (ESF D1, ESF 10, ESF 14, ESF 18, ESF 21, ESF 22e ESF 23); onde a velocidade média das correntes foi de $0,55 \text{ m.s}^{-1}$. 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 29°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 9 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 33 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 Maio/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 Maio 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 Maio 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.