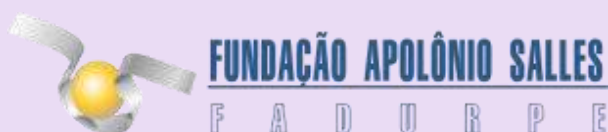


PROGRAMA DE MONITORAMENTO DO RIO SÃO FRANCISCO DURANTE O PERÍODO DE VAZÃO REDUZIDA

CTNE-70.2018.6530.00



EXECUÇÃO:



RELATÓRIO MENSAL DE MONITORAMENTO DA CUNHA SALINA



NOVEMBRO, 2019

**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, 2019

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

Relatório mensal

Novembro/2019

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 28 e 29 de outubro de 2019.	22
	Campanhas móveis realizadas nos dias 12 e 13 de novembro de 2019.	25
	Resultados do CTD	29
	MONITORAMENTO FIXO	39
	Dados hidrodinâmicos, campanhas fixas realizadas nos dias 30 e 31 de outubro de 2019	40
	Campanhas fixas realizadas nos dias 14e 15 de setembro de 2019	42
	Resultados de salinidade e temperatura pontos fixos.....	45
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	49

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	11
Figura 3: Bomba de captação de água da cidade de Brejo Grande - SE.	12
Figura 4: Instrumentos empregados na mensuração das variáveis meteorológicas e hidrológicas: CTD YSI CAsTaway (A), correntômetro Aquadopp Current Meter (B) e mini-estação Kestrel (C).	14
Figura 5: Variação média da velocidade (barras azuis) e da direção (linha preta) das correntes na coluna entre pelas estações de amostragem da cunha salina da foz do Rio São Francisco, durante a baixamar da maré de sizígia (lua nova) do dia 28/10/2019.....	22
Figura 6: Variação média da velocidade (barras azuis) e da direção (linha preta) das correntes na coluna entre pelas estações de amostragem da cunha salina da foz do Rio São Francisco, durante preamar da maré de sizígia (lua nova) do dia 28/10/2019.....	23
Figura 7: Variação média da velocidade (barras azuis) e da direção (linha preta) das correntes na coluna entre pelas estações de amostragem da cunha salina da foz do Rio São Francisco, durante baixamar da maré de sizígia (lua nova) do dia 29/10/2019.....	24
Figura 8: Variação média da velocidade (barras azuis) e da direção (linha preta) das correntes na coluna entre pelas estações de amostragem da cunha salina da foz do Rio São Francisco, durante a baixamar da maré de sizígia (lua cheia) do dia 12/11/2019.	25
Figura 9: Variação média da velocidade (barras azuis) e da direção (linha preta) das correntes na coluna entre pelas estações de amostragem da cunha salina da foz do Rio São Francisco, durante a preamar da maré de sizígia (lua cheia) do dia 12/11/2019.	26
Figura 10: Variação média da velocidade (barras azuis) e da direção (linha preta) das correntes na coluna entre pelas estações de amostragem da cunha salina da foz do Rio São Francisco, durante a baixamar da maré de sizígia (lua cheia) do dia 13/11/2019.	27
Figura 11: Variação média da velocidade (barras azuis) e da direção (linha preta) das correntes na coluna entre pelas estações de amostragem da cunha salina da foz do Rio São Francisco, durante a preamar da maré de sizígia (lua cheia) do dia 13/11/2019.	28
Figura 12: 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 28 de outubro de 2019. Os pontos brancos indicam a localização longitudinal de cada perfil.	30
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 preamar do dia 28 de outubro de 2019. Os pontos brancos indicam a localização longitudinal de cada perfil.	30
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 baixamar do dia 29 de outubro de 2019. Os pontos brancos indicam a localização longitudinal de cada perfil.	31
Figura 15: Distribuição longitudinal da salinidade na foz do rio São Francisco, variando da estação ESF 10 (ponto mais próximo à foz) à ESF 30 (ponto mais distante da foz), no período de preamar do dia 29 de outubro de 2019. Os pontos brancos indicam a localização longitudinal de cada perfil.	31
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 baixamar do dia 12 de novembro de 2019. Os pontos brancos indicam a localização longitudinal de cada perfil.	32
Figura 17: Distribuição longitudinal da salinidade na foz do rio São Francisco, variando da estação ESF 10 (ponto mais próximo à foz) à ESF 30 (ponto mais distante da foz), no período de preamar do dia 12 de novembro de 2019. Os pontos brancos indicam a localização longitudinal de cada perfil.	32



- 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 baixamar do dia 13 de novembro de 2019. 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 preamar do dia 13 de novembro de 2019. Os pontos brancos indicam a localização longitudinal de cada perfil. 33
- Figura 20:** 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 28 outubro de 2019. Os pontos brancos indicam a localização longitudinal de cada perfil. 35
- 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 preamar do dia 28 de outubro 2019. Os pontos brancos indicam a localização longitudinal de cada perfil. 35
- 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 baixamar do dia 29 de outubro de 2019. Os pontos brancos indicam a localização longitudinal de cada perfil. 36
- Figura 23:** Distribuição longitudinal da temperatura da água na foz do rio São Francisco, variando da estação ESF 10 (ponto mais próximo à foz) à estação ESF 30 (ponto mais distante da foz,) no período de preamar do dia 29 de outubro de 2019. Os pontos brancos indicam a localização longitudinal de cada perfil. 36
- 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 baixamar do dia 12 de novembro de 2019. Os pontos brancos indicam a localização longitudinal de cada perfil. 37
- Figura 25:** Distribuição longitudinal da temperatura da água na foz do rio São Francisco, variando da estação ESF 10 (ponto mais próximo à foz) à estação ESF 30 (ponto mais distante da foz,) no período de preamar do dia 12 de novembro de 2019. Os pontos brancos indicam a localização longitudinal de cada perfil. 37
- 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 baixamar do dia 13 de novembro de 2019. 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 preamar do dia 13 de novembro de 2019. 38
- Figura 28:** Dados hidrodinâmicos coletados durante a campanha fixa em Brejo Grande no dia 30/10/2019. As barras azuis representam a velocidade da corrente e a linha laranja a direção. 40
- Figura 29:** Dados hidrodinâmicos coletados durante a campanha fixa na bomba de captação de água da cidade de Piaçabuçu-AL (Penedinho, ESF 30), no dia 31/10/2019. As barras azuis representam a velocidade da corrente e a linha laranja a direção. 41
- Figura 30:** Dados hidrodinâmicos coletados durante a campanha fixa em Brejo Grande no dia 14/11/2019. As barras azuis representam a velocidade da corrente e a linha laranja a direção. 42
- Figura 31:** Dados hidrodinâmicos coletados durante a campanha fixa na bomba de captação de água da cidade de Piaçabuçu-AL (Penedinho, ESF 30), no dia 15/11/2019. As barras azuis representam a velocidade da corrente e a linha laranja a direção. 43
- Figura 32:** Distribuição temporal da salinidade da água durante o monitoramento fixo da cunha salina, realizado no dia 30 de outubro de 2019, nas proximidades da bomba de captação de água da cidade de Brejo Grande - SE (ESF 32). Os pontos brancos representam o momento do dia da campanha quando os perfis foram realizados e o

- formato do fundo corresponde à variação do nível da coluna d'água ou o ponto máximo de alcance do CTD. 45
- Figura 33:** Distribuição temporal da salinidade da água durante o monitoramento fixo da cunha salina, realizado no dia 31 de outubro de 2019, nas proximidades da bomba de captação de água da cidade de Piaçabuçu (Penedinho, ESF 30). Os pontos brancos representam o momento do dia da campanha quando os perfis foram realizados e o formato do fundo corresponde à variação do nível da coluna d'água ou o ponto máximo de alcance do CTD. 45
- Figura 34:** Distribuição temporal da salinidade da água durante o monitoramento fixo da cunha salina, realizado no dia 14 de novembro de 2019, nas proximidades da bomba de captação de água da cidade de Brejo Grande - SE (ESF 32). Os pontos brancos representam o momento do dia da campanha quando os perfis foram realizados e o formato do fundo corresponde à variação do nível da coluna d'água ou o ponto máximo de alcance do CTD. 46
- Figura 35:** Distribuição temporal da salinidade da água durante o monitoramento fixo da cunha salina, realizado no dia 15 de novembro de 2019, nas proximidades da bomba de captação de água da cidade de Piaçabuçu (Penedinho, ESF 30). Os pontos brancos representam o momento do dia da campanha quando os perfis foram realizados e o formato do fundo corresponde à variação do nível da coluna d'água ou o ponto máximo de alcance do CTD. 46
- Figura 36:** Distribuição temporal da temperatura da água durante o monitoramento fixo realizado no dia 30 de outubro de 2019, nas proximidades da bomba de captação de água da cidade de Brejo Grande (ESF 32). Os pontos brancos representam o momento do dia da campanha quando os perfis foram realizados e o formato do fundo corresponde à variação do nível da coluna d'água ou o ponto máximo de alcance do CTD. 47
- Figura 37:** Distribuição temporal da temperatura para o monitoramento fixo de 12 horas da cunha salina, realizado no dia 31 de outubro de 2019 nas proximidades da bomba de captação de água da cidade de Brejo Grande (ESF 32). Os pontos brancos representam o momento do dia da campanha quando os perfis foram realizados e o formato do fundo corresponde à variação do nível da coluna d'água ou o ponto máximo de alcance do CTD. 47
- Figura 38:** Distribuição temporal da temperatura para o monitoramento fixo de 12 horas da cunha salina, realizado no dia 14 de novembro de 2019 nas proximidades da bomba de captação de água da cidade de Brejo Grande (ESF 32). Os pontos brancos representam o momento do dia da campanha quando os perfis foram realizados e o formato do fundo corresponde à variação do nível da coluna d'água ou o ponto máximo de alcance do CTD. 48
- Figura 39:** Distribuição temporal da temperatura para o monitoramento fixo de 12 horas da cunha salina, realizado no dia 15 de novembro de 2019 nas proximidades da bomba de captação de água da cidade de Piaçabuçu (Penedinho, ESF 30). Os pontos brancos representam o momento do dia da campanha quando os perfis foram realizados e o formato do fundo corresponde à variação do nível da coluna d'água ou o ponto máximo de alcance do CTD. 48



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 (28 e 29/09/19) e lua cheia (13 e 14/10/19). 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 preamar da maré de sizígia (lua nova) do dia 28/10/2019, na foz do Rio São Francisco.....	16
Tabela 4: Dados da direção e velocidade do vento e temperatura atmosférica em cada estação de amostragem da cunha salina e médias de cada parâmetro, durante a baixamar da maré de sizígia (lua nova) do dia 29/10/2019, na foz do Rio São Francisco.....	16
Tabela 5: Dados da direção e velocidade do vento e temperatura atmosférica em cada estação de amostragem da cunha salina e médias para cada parâmetro, durante a baixamar da maré de sizígia (lua cheia) do dia 12/11/2019 na foz do Rio São Francisco.	17
Tabela 8: 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 12/11/2019, na foz do Rio São Francisco.....	17
Tabela 9: Dados da direção e velocidade do vento e temperatura atmosférica em cada estação de amostragem da cunha salina e médias de cada parâmetro, durante a baixamar da maré de sizígia (lua cheia) do dia 13/11/2019, na foz do Rio São Francisco.	18
Tabela 10: Dados da direção e velocidade do vento e temperatura do ar em cada estação de amostragem da cunha salina e média de cada parâmetro, durante a preamar da maré de sizígia (lua cheia) do dia 13/11/2019, na foz do Rio São Francisco.....	18
Tabela 11: Médias gerais dos dados de vento para as medições referentes às luas nova e cheia do mês de outubro de 2019.....	20
Tabela 12: Dados médio de velocidade e direção da coluna d'água em cada estação de amostragem da cunha salina, durante a preamar da maré de sizígia (lua nova) do dia 28/10/2019, na foz do Rio São Francisco.....	22
Tabela 13: Dados médio de velocidade e direção da coluna d'água em cada estação de amostragem da cunha salina, durante a baixamar da maré de sizígia (lua nova) do dia 29/10/2019, na foz do Rio São Francisco.....	23
Tabela 14: Dados médio de velocidade e direção da coluna d'água em cada estação de amostragem da cunha salina, durante a baixamar da maré de sizígia (lua cheia) do dia 12/11/2019, na foz do Rio São Francisco.	25
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 nova) do dia 12/11/2019, na foz do Rio São Francisco.....	26
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 cheia) do dia 14/10/2015, na foz do Rio São Francisco.	27
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 cheia) do dia 14/09/2019, na foz do Rio São Francisco.....	28
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 30/10/2019.	40
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 01/10/2019.....	41
Tabela 22: Dados 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 15/10/2019. .	42

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 Piaçabuçu-AL (Penedinho, ESF30) no dia 16/10/2019 43

1 Introdução

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

A restrição no fluxo de vazão influencia diretamente na vida de aproximadamente 50.000 pessoas que habitam as duas maiores cidades localizadas da foz do rio: Piaçabuçu na margem alagoana e Brejo Grande na margem sergipana. Essas duas cidades possuem o Rio São Francisco como principal fonte de captação de água, de modo que a manutenção contínua de uma vazão reduzida do rio pode permitir que a cunha salina penetre o rio São Francisco, atingindo as fontes de captação de água potável para as duas cidades. Desta forma, entende-se que o monitoramento da cunha salina ao longo do rio é de fundamental relevância para a manutenção do uso múltiplo da água de forma segura, visando a saúde das pessoas, assim como a manutenção de animais e plantios na região.

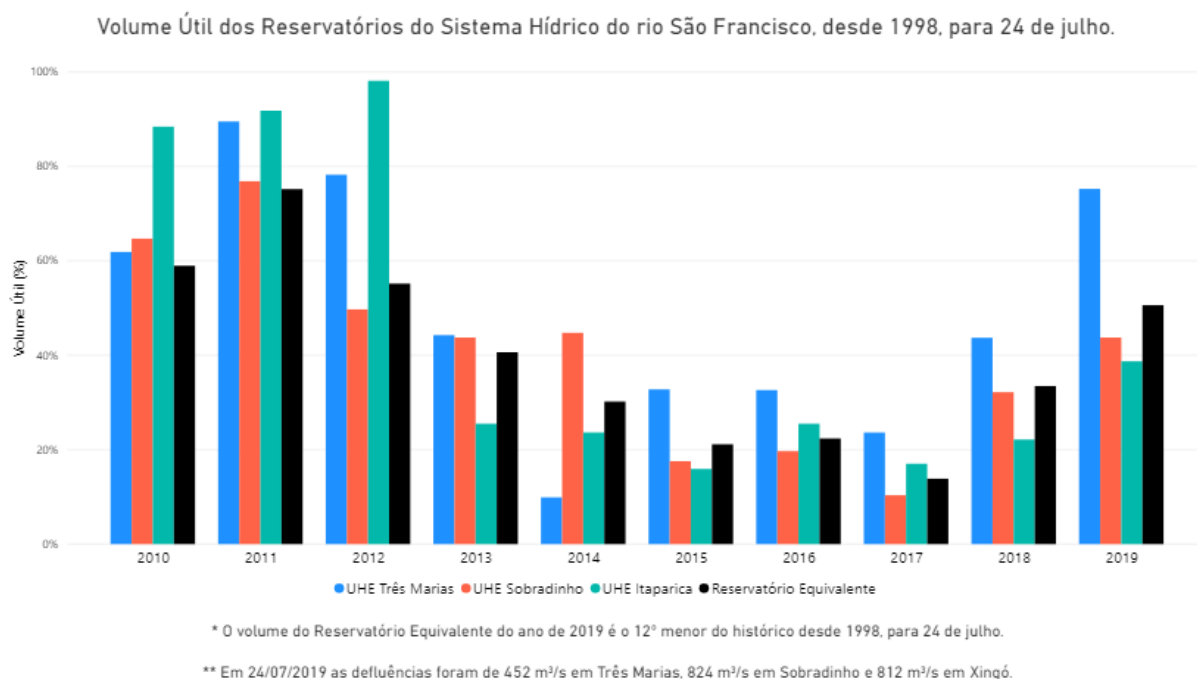


Figura 1: Série histórica de 2010 a 2019 do acúmulo de água nos reservatórios ao longo do rio São Francisco.
 Fonte: <www.ana.gov.br>.

O objetivo do presente monitoramento é acompanhar o comportamento dos parâmetros hidrográficos, hidrodinâmicos e meteorológicos ao longo do trecho inferior do rio São Francisco, próximo à sua foz no Oceano Atlântico, durante períodos de preamar e baixamar e em ciclos completos de maré, nas bombas de captação das cidades de Brejo Grande e Piaçabuçu (localidade de Penedinho - AL), com ênfase no monitoramento das concentrações de sais na água do rio ao longo de 14 pontos amostrais. Através dos dados coletados, pretende-se compreender os mecanismos pelos quais a água salgada do mar penetra rio acima e se mistura à água doce, bem como avaliar a extensão desta penetração e o eventual alcance dos 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).

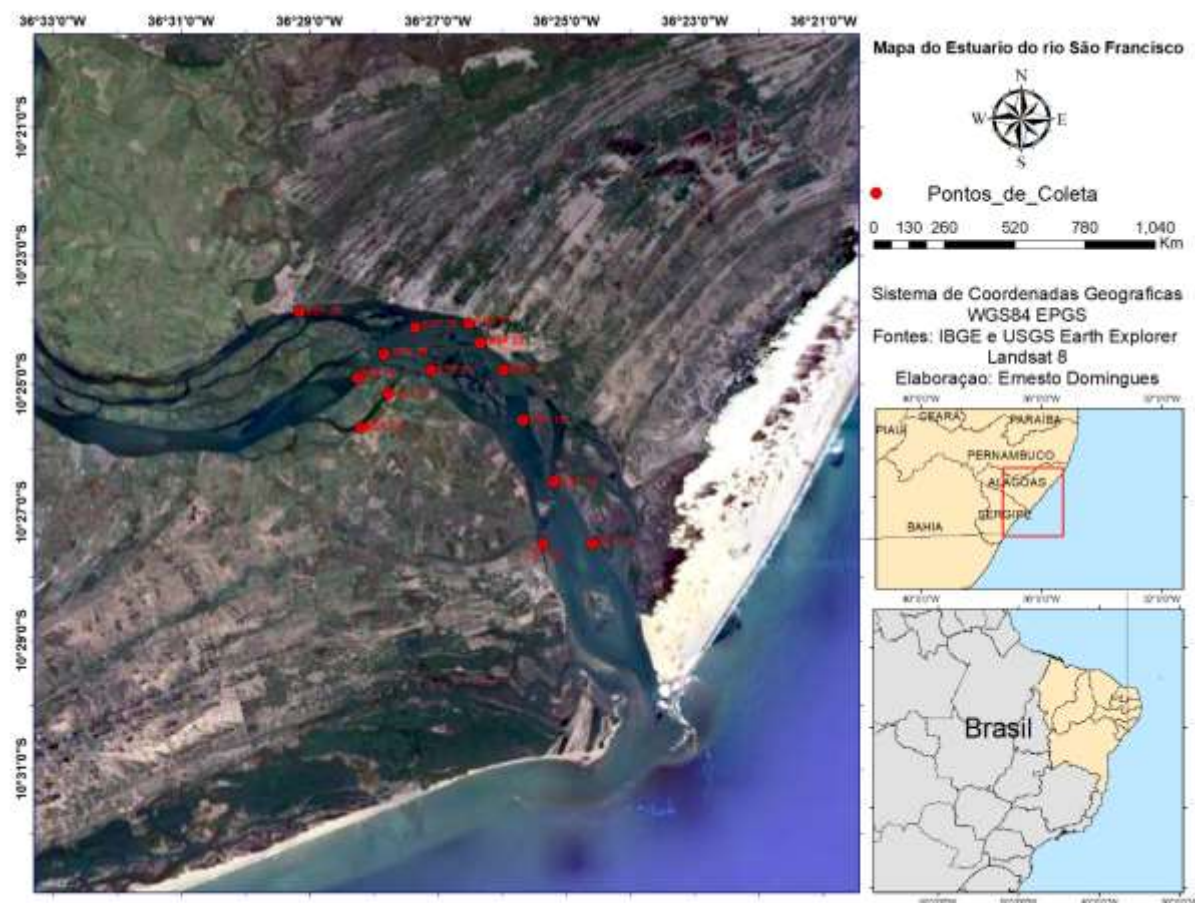


Figura 2: Localização das estações de monitoramento da introdução da cunha salina no trecho inferior do rio São Francisco. A posição das estações está marcada em vermelho.

3 Metodologia

O monitoramento da cunha salina referente ao mês de novembro de 2019 foi realizado nos picos mensais de marés de sizígia (lua cheia e lua nova). Foram executadas campanhas hidrológicas móveis (lagrangeanas) em dois ciclos completos de maré, com coletas de dados em 14 estações, distribuídas entre a foz do rio (ESF 10 e D1; **Erro! Fonte de referência não encontrada.**), a cidade de Piaçabuçu –AL (ESF 21 e 22), o distrito de Penedinho – AL (ESF 30) e a cidade de Brejo Grande- SE (ESF 30). Em cada lua de sizígia também foram feitas duas campanhas fixas (eulerianas) de 12 horas nas proximidades das bombas de captação de água dos municípios de Piaçabuçu-AL (no distrito rural de Penedinho) e Brejo Grande - SE (Figura 3).



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

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

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

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

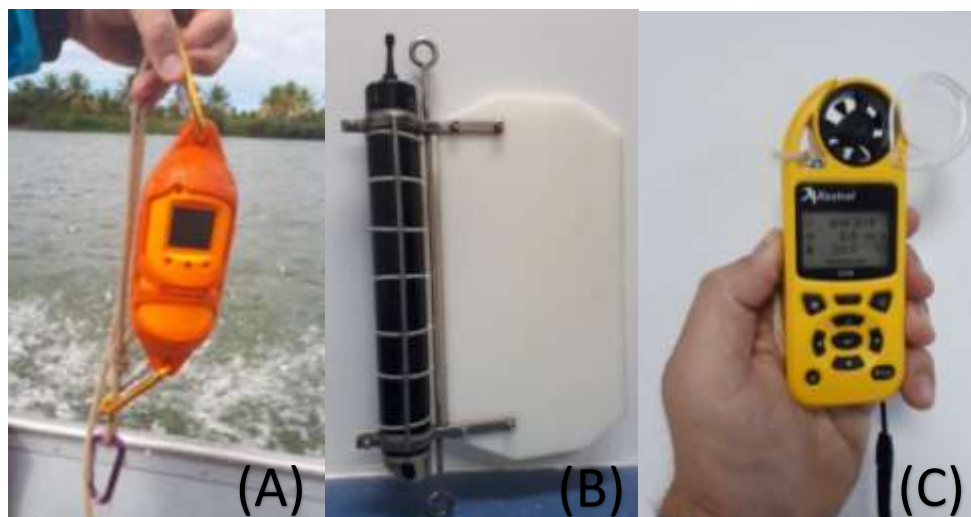


Figura 4: Instrumentos empregados na mensuração das variáveis meteorológicas e hidrológicas: CTD YSI CAsTaway (A), correntômetro Aquadopp Current Meter (B) e mini-estação Kestrel (C).

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

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

4 Resultados

Monitoramentos móveis (longitudinais)

Ficha de Monitoramento dos Pontos de Controle

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

No mês de novembro/19, os ventos sopraram predominantemente da direção de 125°, com velocidade média de 4,1 m.s⁻¹. Os ventos mais intensos foram registrados no dia 12 de novembro, apresentando médias de 4,9 m.s⁻¹, enquanto a média da temperatura atmosférica média foi de 28.4°C (tabela 11)

Tabela 2: Dados de altura da maré durante as fases de lua nova (28 e 29/09/19) e lua cheia (13 e 14/10/19). Dados relativos ao Terminal Marítimo Inácio Barbosa - SE (DHN).

Campanhas móveis			
Lua	Datas	Hora	Altura da Maré (m)
Nova	28/10/2019	3:58	2.3
		10:11	0.0
		16:15	2.2
		22:28	0.0
	29/10/2019	4:39	2.4
		10:51	0.1
		16:54	2.2
		23:08	0.0
Cheia	12/11/2019	3:49	2.0
		10:04	0.2
		16:02	2.0
		22:21	0.2
	13/11/2019	4:21	2.1
		10:39	0.2
		16:32	2.1
		22:56	0.2

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 preamar da maré de sizígia (lua nova) do dia 28/10/2019, na foz do Rio São Francisco.

Data	Hora	Estação	Direção (°)	Vel. (m.s ⁻¹)	Temp. ar (°C)
28/10/2019	08:42	ESF_D1	106	4.7	27.9
	09:04	ESF 10	106	1.6	29.8
	09:19	ESF 14	115	5.5	28.2
	09:32	ESF 18	104	3.3	28.8
	09:51	ESF 21	131	4.7	28.6
	10:04	ESF 22	126	3.9	29.1
	10:15	ESF 23	123	3.2	29.5
	10:34	ESF 26	125	5.1	29.9
	10:52	ESF 30	164	3.9	29.8
	11:10	ESF 28	170	8.0	27.9
	11:23	ESF 31	177	5.3	28.6
	11:36	ESF 32	133	3.8	29.5
	11:45	ESF 27	149	0.6	34.4
	11:54	ESF 25	118	3.6	29.1
Média			126	3.9	28.8

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 baixamar da maré de sizígia (lua nova) do dia 29/10/2019, na foz do Rio São Francisco.

Data	Hora	Estação	Direção (°)	Vel. (m.s ⁻¹)	Temp. ar (°C)
28/10/2019	14:42	ESF_D1	177	5.6	27.7
	15:01	ESF 10	167	3.2	28.4
	15:10	ESF 14	121	4.1	27.7
	15:27	ESF 18	143	4	27.6
	15:39	ESF 21	130	6	27.5
	15:51	ESF 22	131	4.6	27.8
	16:01	ESF 23	132	5.4	27.4
	16:12	ESF 26	103	4.6	17.4
	16:26	ESF 30	106	6.4	27.2
	16:42	ESF 28	103	3.8	27.7
	16:53	ESF 31	103	5.5	26.8
	17:12	ESF 32	102	3.6	26.8
	17:21	ESF 27	69	2.2	26.6
	17:33	ESF 25	115	3.6	26.7
Média			118	4.6	27.7

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 nova) do dia 29/10/2019 na foz do Rio São Francisco.

Data	Hora	Estação	Direção (°)	Vel. (m.s ⁻¹)	Temp. ar (°C)
29/10/2019	08:29	ESF_D1	105	5	27.2
	08:45	ESF 10	144	1.7	28.2
	08:55	ESF 14	106	3.5	28.1
	09:07	ESF 18	102	2.7	27.8
	09:21	ESF 21	144	3.8	28
	09:32	ESF 22	118	2.7	28.8
	09:43	ESF 23	124	3.9	29.1
	09:54	ESF 26	138	5.5	27.8
	10:09	ESF 30	118	3.7	28.7
	10:25	ESF 28	177	6.3	28.3
	10:36	ESF 31	141	4.4	29.8
	10:54	ESF 32	171	3.0	30.2
	11:03	ESF 27	150	0.5	32.6
	11:11	ESF 25	98	5.9	28.5
Média			131	3.5	28.1

Tabela 6: Dados da direção e velocidade do vento e temperatura atmosférica em cada estação de amostragem da cunha salina, durante a preamar da maré de sizígia (lua nova) do dia 29/10/2019, na foz do Rio São Francisco.

Data	Hora	Estação	Direção (°)	Vel. (m.s ⁻¹)	Temp. ar (°C)
29/10/2019	14:26	ESF_D1	95	4.4	27.7
	14:39	ESF 10	98	1.4	28.1
	14:48	ESF 14	103	4.5	27.5
	14:58	ESF 18	101	4.9	27.4
	15:11	ESF 21	110	6.8	27.5
	15:23	ESF 22	106	4.5	28
	15:34	ESF 23	105	3.8	28.3
	15:44	ESF 26	89	5.3	27.7
	15:57	ESF 30	85	4.3	27.6
	16:13	ESF 28	94	4.0	27.2
	16:22	ESF 31	98	4.6	27.3
	16:38	ESF 32	93	2.6	27.2
	16:47	ESF 27	85	3.1	26.6
	16:56	ESF 25	82	3.6	26.7
Média			97	4.5	27.7

Tabela 7: Dados da direção e velocidade do vento e temperatura atmosférica em cada estação de amostragem da cunha salina e médias de cada parâmetro, durante a baixamar da maré de sizígia (lua cheia) do dia 12/11/2019, na foz do Rio São Francisco.

Data	Hora	Estação	Direção (°)	Vel. (m.s ⁻¹)	Temp. ar (°C)
12/11/2019	08:37	ESF_D1	90	4.6	28
	09:05	ESF 10	89	4	28.3
	09:23	ESF 14	69	4.2	29.1
	09:39	ESF 18	95	5.9	28.3
	09:57	ESF 21	105	4.1	28.7
	10:20	ESF 22	85	5	29.5
	10:32	ESF 23	69	5.6	29.7
	10:48	ESF 26	100	5.5	29.1
	11:12	ESF 30	127	5	29.4
	11:30	ESF 28	139	5.7	28.6
	11:43	ESF 31	136	5.1	28.8
	11:59	ESF 32	128	3.1	31.3
	12:10	ESF 27	91	1.2	32.1
	12:20	ESF 25	121	4.8	28.8
Média			98	4.9	28.95

Tabela 8: Dados da direção e velocidade do vento e temperatura do ar em cada estação de amostragem da cunha salina e média de cada parâmetro, durante a preamar da maré de sizígia (lua cheia) do dia 12/11/2019, na foz do Rio São Francisco.

Data	Hora	Estação	Direção (°)	Vel. (m.s ⁻¹)	Temp. ar (°C)
12/11/2019	14:48	ESF_D1	125	5.1	27.8
	15:02	ESF 10	149	2.9	28.2
	15:16	ESF 14	112	3.8	28.2
	15:29	ESF 18	129	4.6	27.9
	15:45	ESF 21	104	3.5	27.8
	16:00	ESF 22	111	4.2	27.5
	16:10	ESF 23	115	3.3	27.6
	16:25	ESF 26	105	2.8	27.5
	16:58	ESF 30	140	2.4	27.4
	17:15	ESF 28	126	3.4	27.5
	17:25	ESF 31	108	2.4	26.9
	17:39	ESF 32	105	0.7	26.9
	17:47	ESF 27	78	1.3	26.5
	17:56	ESF 25	125	2.6	26.7
Média			114	3.1	27.5

Tabela 9: Dados da direção e velocidade do vento e temperatura do ar em cada estação de amostragem da cunha salina e média de cada parâmetro, durante a baixamar da maré de sizígia (lua cheia) do dia 13/11/2019, na foz do Rio São Francisco.

Data	Hora	Estação	Direção (°)	Vel. (m.s ⁻¹)	Temp. ar (°C)
13/11/2019	08:58	ESF_D1	132	3.6	28.1
	09:15	ESF 10	150	4.2	28.3
	09:27	ESF 14	105	5.3	27.8
	09:41	ESF 18	146	3.1	28.7
	09:57	ESF 21	120	5.1	29.1
	10:06	ESF 22	148	3.8	28.8
	10:27	ESF 23	170	4.5	29.1
	10:45	ESF 26	179	3	28.8
	11:00	ESF 30	147	6.6	29.1
	11:15	ESF 28	179	5.5	28.5
	11:27	ESF 31	152	4.3	30
	11:45	ESF 32	133	2.6	29.9
	11:53	ESF 27	170	0.9	31.6
	12:02	ESF 25	160	4.1	29.1
Média			149	4.15	28.95

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 cheia) do dia 13/11/2019, na foz do Rio São Francisco.

Data	Hora	Estação	Direção (°)	Vel. (m.s ⁻¹)	Temp. ar (°C)
13/11/2019	14:47	ESF_D1	142	4.2	28.2
	15:02	ESF 10	179	2.2	28.2
	15:25	ESF 14	148	4.9	28.1
	15:30	ESF 18	120	5	28.1
	15:44	ESF 21	89	3.3	28.2
	15:54	ESF 22	115	3.3	28.6
	16:01	ESF 23	147	3	28.3
	16:12	ESF 26	137	3.4	28
	16:27	ESF 30	136	5.1	28
	16:40	ESF 28	114	3.8	27.9
	16:49	ESF 31	144	4	27.6
	17:04	ESF 32	131	1.2	27.6
	17:15	ESF 27	163	0.5	27
	17:22	ESF 25	178	3.9	27.1
Média			140	3.6	28.05

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

Na fase de lua nova, a direção predominante do vento foi leste (109,2°), com velocidade média de 4,2 m.s⁻¹ e temperatura média do ar de 28,4°C (17,4 a 34°C) (Tabela 11). Na fase de lua cheia, o vento apresentou direção predominante sudeste (130°), com velocidade média de 4,0 m.s⁻¹ e temperatura média do ar de 28,75°C (27 a 32,1°C) (tabela 09).

Tabela 11: Médias gerais dos dados de vento para as medições referentes às luas nova e cheia do mês de novembro de 2019.

	Médias gerais dos dados de vento								
	Direção (°)			Velocidade (m.s-1)			Temperatura do ar (°C)		
	Mín	Méd	Máx	Mín	Méd	Máx	Mín	Méd	Máx
Lua Nova	69.0	120.6	177.0	0.5	4.2	8	17.40	28.08	34.40
Lua Cheia	69.0	130.4	179.0	0.5	4.0	6.6	27.00	28.75	32.10
Média	69.0	125.5	178.0	0.5	4.1	7.3	22.2	28.4	33.3

Dados hidrodinâmicos

As Tabelas 12 a 18 contêm os valores médios de velocidade e direção da água na coluna d'água de cada estação de monitoramento da cunha salina, nas marés de baixamar e de preamar, amostradas nas luas nova e cheia. A variação espacial dos valores da velocidade média e direção média da água na coluna consta das Figuras 5 a 12.

Na fase de lua nova, a velocidade média da coluna d'água apresentou média de $0,53 \text{ m.s}^{-1}$, a estação amostral que apresentou as maiores intensidade de corrente foram as estações a ESF 22 e 23. as quais apresentaram médias próximo de 1 m.s^{-1} , e a máxima nesse ponto foi registrada no dia 28 de outubro no período de baixamar. Nas duas luas, a direção da corrente na baixamar estiveram predominantemente entre sudeste- sul ($163 - 186^\circ$), 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 0.51 m.s^{-1} , já baixamar a média foi de 0.54 m.s^{-1} .

Campanhas móveis realizadas nos dias 28 e 29 de outubro de 2019.

Tabela 12: Dados médio de velocidade e direção da coluna d'água em cada estação de amostragem da cunha salina, durante a baixamar da maré de sizígia (lua nova) do dia 28/10/2019, na foz do Rio São Francisco.

Data	Hora	Estação	Vel.(m.s ⁻¹)	Direção (°)
28/10/2019	08:42	ESF_D1	0.663	185
	09:04	ESF 10	1.055	174
	09:19	ESF 14	0.706	182
	09:32	ESF 18	0.803	186
	09:51	ESF 21	0.988	160
	10:04	ESF 22	0.843	162
	10:15	ESF 23	0.971	144
	10:34	ESF 26	0.655	89
	10:52	ESF 30	0.626	112
	11:10	ESF 28	0.717	59
	11:23	ESF 31	0.574	75
	11:36	ESF 32	0.618	83
	11:45	ESF 27	0.469	60
	11:54	ESF 25	0.323	137

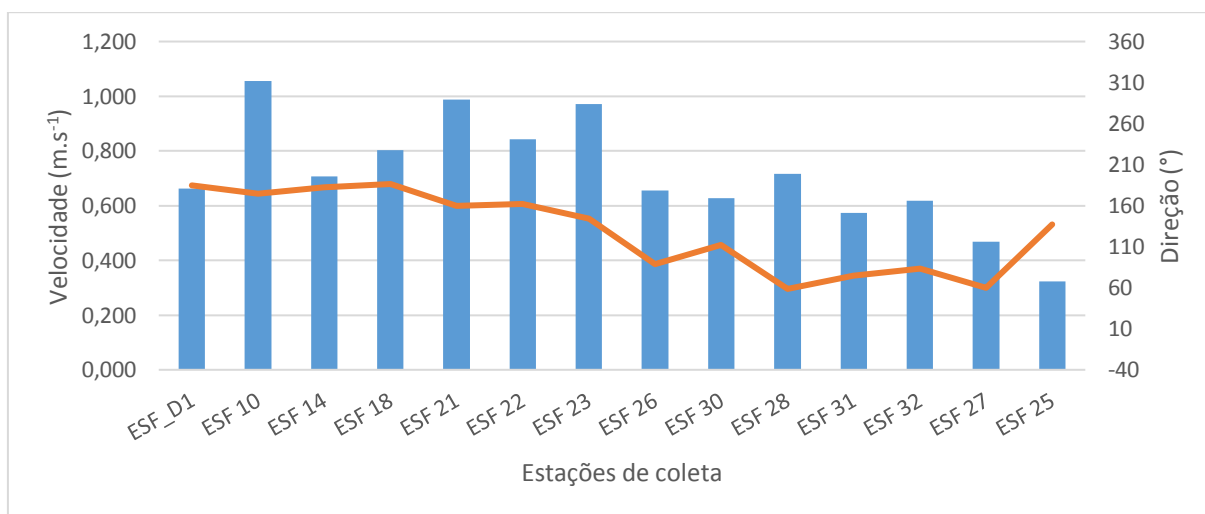


Figura 5: Variação média da velocidade (barras azuis) e da direção (linha laranja) das correntes na coluna entre pelas estações de amostragem da cunha salina da foz do Rio São Francisco, durante a baixamar da maré de sizígia (lua nova) do dia 28/10/2019.

Tabela 13: Dados médio de velocidade e direção da coluna d'água em cada estação de amostragem da cunha salina, durante a preamar da maré de sizígia (lua nova) do dia 28/10/2019, na foz do Rio São Francisco.

Data	Hora	Estação	Vel.(m.s ⁻¹) ¹⁾	Direção (°)
28/10/2019	14:42	ESF_D1	0.474	301
	15:01	ESF 10	0.386	268
	15:10	ESF 14	0.989	278
	15:27	ESF 18	0.559	67
	15:39	ESF 21	0.462	344
	15:51	ESF 22	0.657	344
	16:01	ESF 23	0.302	262
	16:12	ESF 26	0.299	271
	16:26	ESF 30	0.426	288
	16:42	ESF 28	0.215	252
	16:53	ESF 31	0.340	239
	17:12	ESF 32	0.126	273
	17:21	ESF 27	0.044	202
	17:33	ESF 25	0.222	135

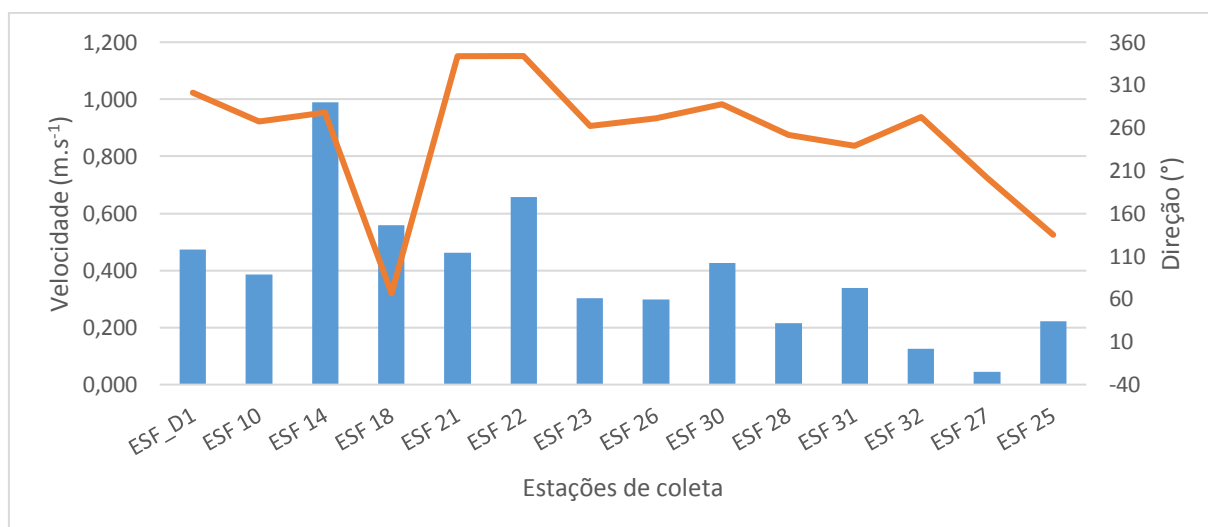


Figura 6: Variação média da velocidade (barras azuis) e da direção (linha laranja) das correntes na coluna entre pelas estações de amostragem da cunha salina da foz do Rio São Francisco, durante preamar da maré de sizígia (lua nova) do dia 28/10/2019.

Tabela 14: Dados médio de velocidade e direção da coluna d'água em cada estação de amostragem da cunha salina, durante a baixamar da maré de sizígia (lua nova) do dia 29/10/2019, na foz do Rio São Francisco.

Data	Hora	Estação	Vel.(m.s ⁻¹)	Direção (°)
29/10/2019	08:29	ESF_D1	0.493	183
	08:45	ESF 10	0.888	174
	08:55	ESF 14	0.755	184
	09:07	ESF 18	0.778	190
	09:21	ESF 21	0.859	159
	09:32	ESF 22	0.990	160
	09:43	ESF 23	0.733	135
	09:54	ESF 26	0.696	90
	10:09	ESF 30	0.696	111
	10:25	ESF 28	0.864	63
	10:36	ESF 31	0.932	73
	10:54	ESF 32	0.629	78
	11:03	ESF 27	0.593	58
	11:11	ESF 25	0.478	136

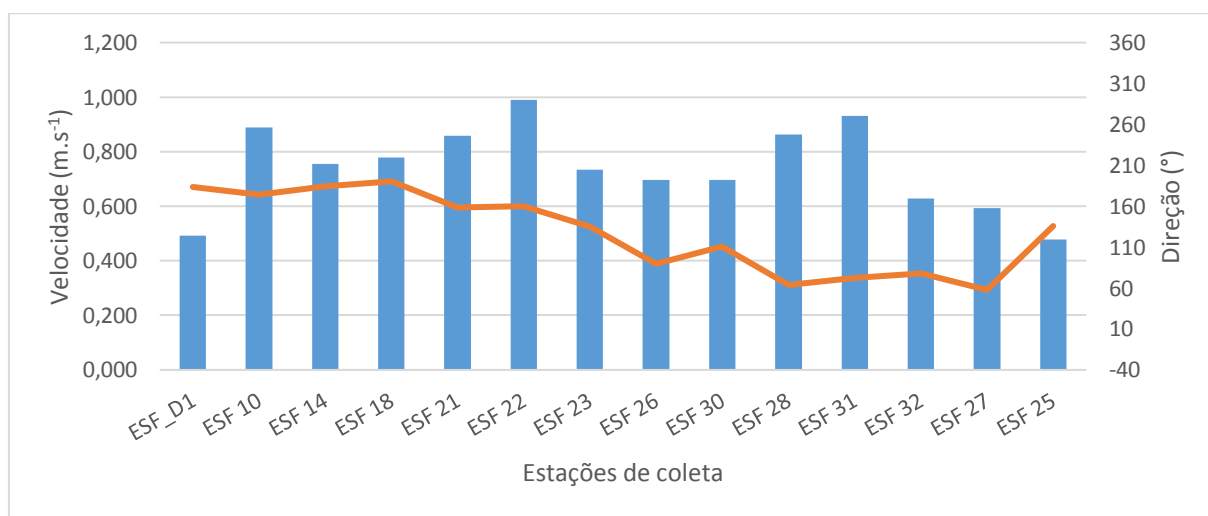


Figura 7: Variação média da velocidade (barras azuis) e da direção (linha laranja) das correntes na coluna entre pelas estações de amostragem da cunha salina da foz do Rio São Francisco, durante a baixamar da maré de sizígia (lua nova) do dia 29/10/2019.

Campanhas móveis realizadas nos dias 12 e 13 de novembro de 2019.

Tabela 15: Dados médio de velocidade e direção da coluna d'água em cada estação de amostragem da cunha salina, durante a baixamar da maré de sizígia (lua cheia) do dia 12/11/2019, na foz do Rio São Francisco.

Data	Hora	Estação	Vel.(m.s ⁻¹)	Direção (°)
12/11/2019	08:37	ESF_D1	0.466	171
	09:05	ESF 10	0.467	175
	09:23	ESF 14	0.562	182
	09:39	ESF 18	0.646	186
	09:57	ESF 21	0.579	163
	10:20	ESF 22	0.624	164
	10:32	ESF 23	0.569	131
	10:48	ESF 26	0.502	91
	11:12	ESF 30	0.538	111
	11:30	ESF 28	0.374	55
	11:43	ESF 31	0.423	84
	11:59	ESF 32	0.297	73
	12:10	ESF 27	0.172	64
	12:20	ESF 25	0.123	322

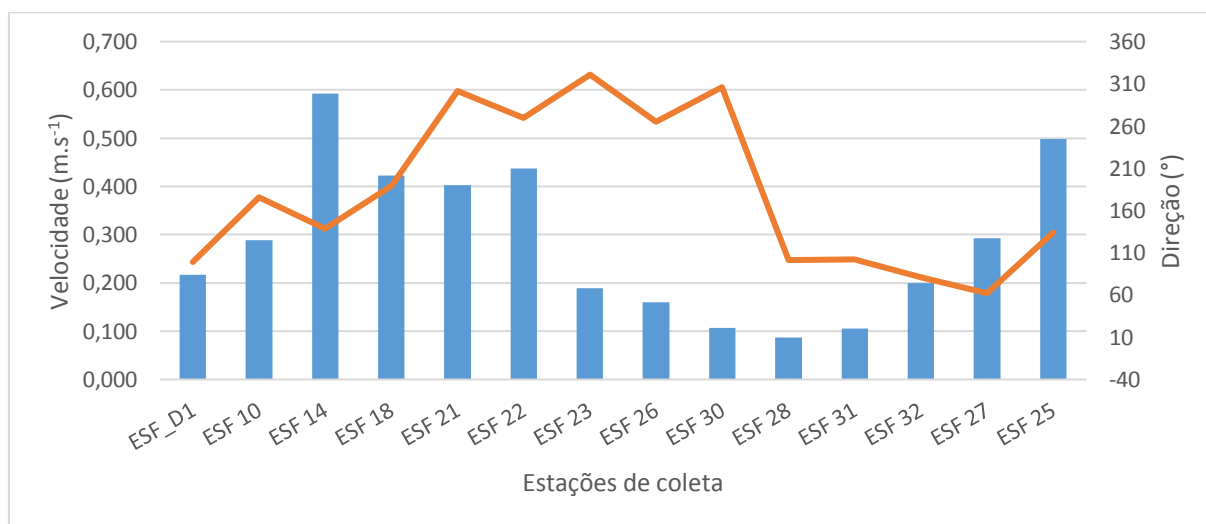


Figura 8: Variação média da velocidade (barras azuis) e da direção (linha laranja) das correntes na coluna entre pelas estações de amostragem da cunha salina da foz do Rio São Francisco, durante a baixamar da maré de sizígia (lua cheia) do dia 12/11/2019.

Tabela 16: Dados médio de velocidade e direção da coluna d'água em cada estação de amostragem da cunha salina, durante a preamar da maré de sizígia (lua nova) do dia 12/11/2019, na foz do Rio São Francisco.

Data	Hora	Estação	Vel.(m.s ⁻¹)	Direção (°)
12/11/2019	14:48	ESF_D1	0.217	99
	15:02	ESF 10	0.289	175
	15:16	ESF 14	0.592	138
	15:29	ESF 18	0.423	189
	15:45	ESF 21	0.402	302
	16:00	ESF 22	0.438	269
	16:10	ESF 23	0.190	321
	16:25	ESF 26	0.160	265
	16:58	ESF 30	0.107	306
	17:15	ESF 28	0.087	101
	17:25	ESF 31	0.106	103
	17:39	ESF 32	0.200	81
	17:47	ESF 27	0.292	62
	17:56	ESF 25	0.499	134

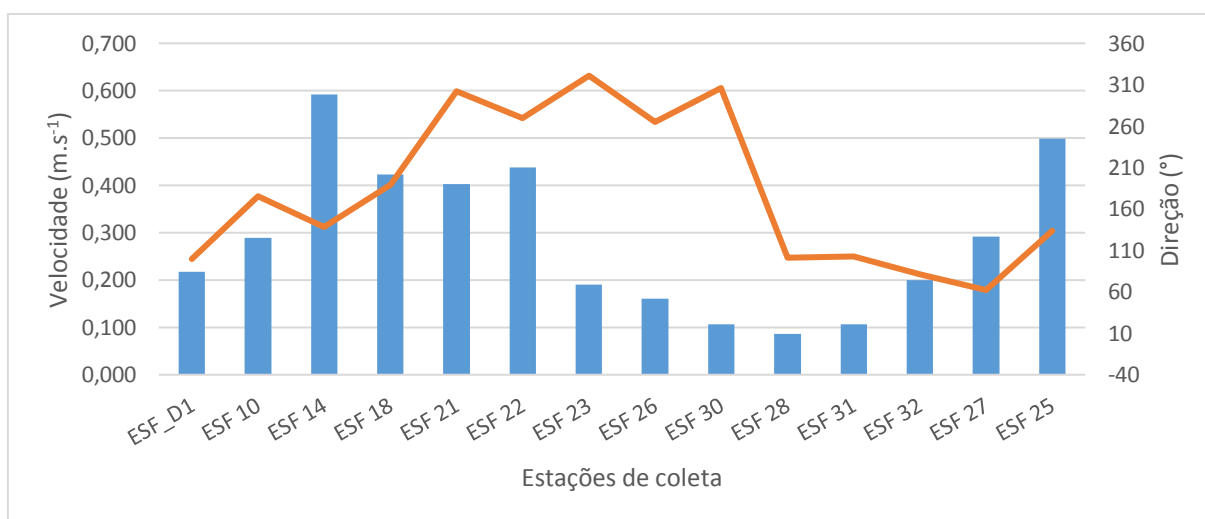


Figura 9: Variação média da velocidade (barras azuis) e da direção (linha laranja) das correntes na coluna entre pelas estações de amostragem da cunha salina da foz do Rio São Francisco, durante a preamar da maré de sizígia (lua cheia) do dia 12/11/2019.

Tabela 17: Dados médio de velocidade e direção da coluna d'água em cada estação de amostragem da cunha salina, durante a baixamar da maré de sizígia (lua cheia) do dia 13/11/2019, na foz do Rio São Francisco.

Data	Hora	Estação	Vel.(m.s ⁻¹)	Direção (°)
13/11/2019	08:58	ESF_D1	0.529	185
	09:15	ESF 10	0.508	178
	09:27	ESF 14	0.660	181
	09:41	ESF 18	0.753	189
	09:57	ESF 21	0.758	158
	10:06	ESF 22	0.739	162
	10:27	ESF 23	0.834	137
	10:45	ESF 26	0.550	88
	11:00	ESF 30	0.653	108
	11:15	ESF 28	0.522	61
	11:27	ESF 31	0.528	72
	11:45	ESF 32	0.537	85
	11:53	ESF 27	0.417	58
	12:02	ESF 25	0.268	137

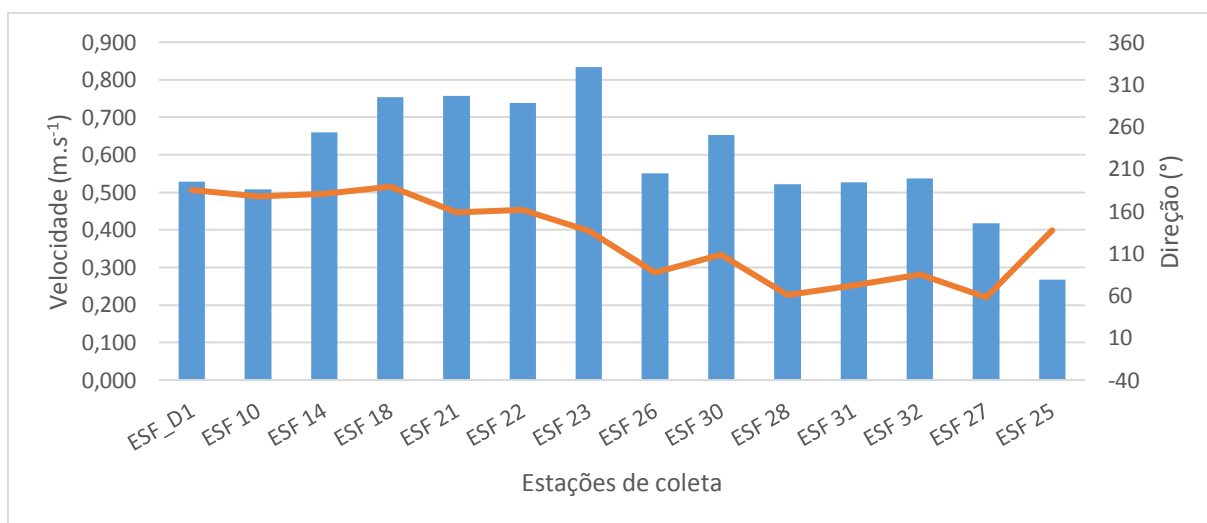


Figura 10: Variação média da velocidade (barras azuis) e da direção (linha laranja) das correntes na coluna entre pelas estações de amostragem da cunha salina da foz do Rio São Francisco, durante a baixamar da maré de sizígia (lua cheia) do dia 13/11/2019.

Tabela 18: Dados médio de velocidade e direção da coluna d'água em cada estação de amostragem da cunha salina, durante a preamar da maré de sizígia (lua cheia) do dia 13/11/2019, na foz do Rio São Francisco.

Data	Hora	Estação	Vel.(m.s ⁻¹)	Direção (°)
13/11/2019	14:47	ESF_D1	0.394	205
	15:02	ESF 10	0.326	50
	15:25	ESF 14	0.753	343
	15:30	ESF 18	0.361	238
	15:44	ESF 21	0.227	125
	15:54	ESF 22	0.617	350
	16:01	ESF 23	0.288	326
	16:12	ESF 26	0.337	272
	16:27	ESF 30	0.343	286
	16:40	ESF 28	0.203	248
	16:49	ESF 31	0.380	250
	17:04	ESF 32	0.145	243
	17:15	ESF 27	0.076	257
	17:22	ESF 25	0.092	209

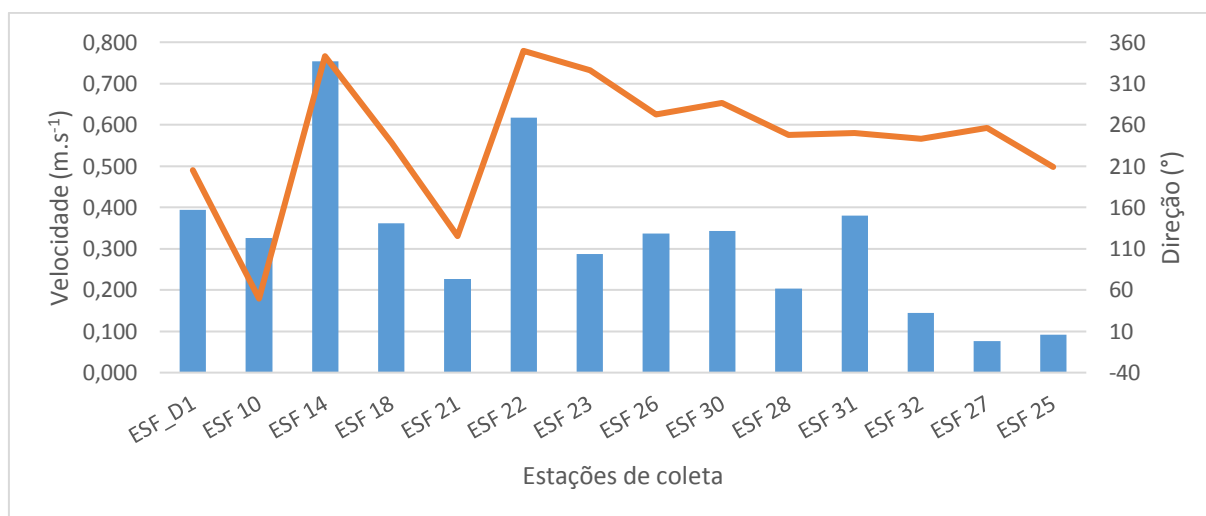


Figura 11: Variação média da velocidade (barras azuis) e da direção (linha laranja) das correntes na coluna entre pelas estações de amostragem da cunha salina da foz do Rio São Francisco, durante a preamar da maré de sizígia (lua cheia) do dia 13/11/2019.

Resultados do CTD

Salinidade

As Figuras 12 a 19 demonstram a penetração da cunha salina na baixamar e preamar dos dois períodos de sizígia analisados referentes a novembro de 2019. As figuras representam a distribuição longitudinal da salinidade na foz do rio São Francisco, cuja análise foi baseada na distância longitudinal de cada estação de monitoramento ao ponto de coleta mais próximo da foz (ESF 10) à estação mais distante longitudinalmente do rio, localizada na localidade de Penedinho – AL (ESF 30). Através das figuras, é possível afirmar que no mês de novembro de 2019, a cunha salina penetrou de forma significativa com valores superiores a 0,5 PSU na foz do rio São Francisco até a região próxima à estação ESF 14 (distante 7,57 km da foz), apresentando picos de salinidade de até 30 PSU entre as estações ESF D1 e ESF10 (6,1 e 5,54 km da foz, respectivamente), na foz o pico de salinidade acima de 30 PSU esteve distribuído por quase toda coluna d'água nas coletas realizadas nos períodos de preamar (Figura 13, 17 e 19) nos períodos de baixa mar as quando a cunha aparece os valores tendem a ser menores a presença da cunha é predominante no fundo (figuras 12, 14, 16 e 18). Os registros realizados nas baixamars e preamars consecutivas demonstram um comportamento similar entre si, onde a intrusão salina foi percebida com maior intensidade nos momentos de preamar.

Baixamar e preamar dos dias 28 e 29 de outubro de 2019.

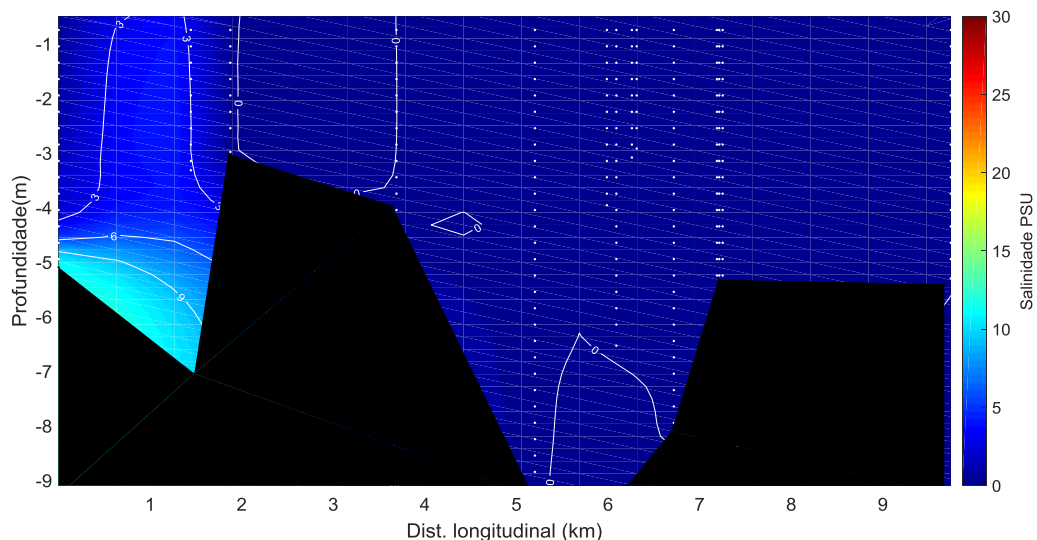


Figura 12: Distribuição longitudinal da salinidade na foz do rio São Francisco, variando da estação ESF 10 (ponto mais próximo à foz) à ESF 30 (ponto mais distante da foz), no período de baixamar do dia 28 de outubro de 2019. Os pontos brancos indicam a localização longitudinal de cada perfil.

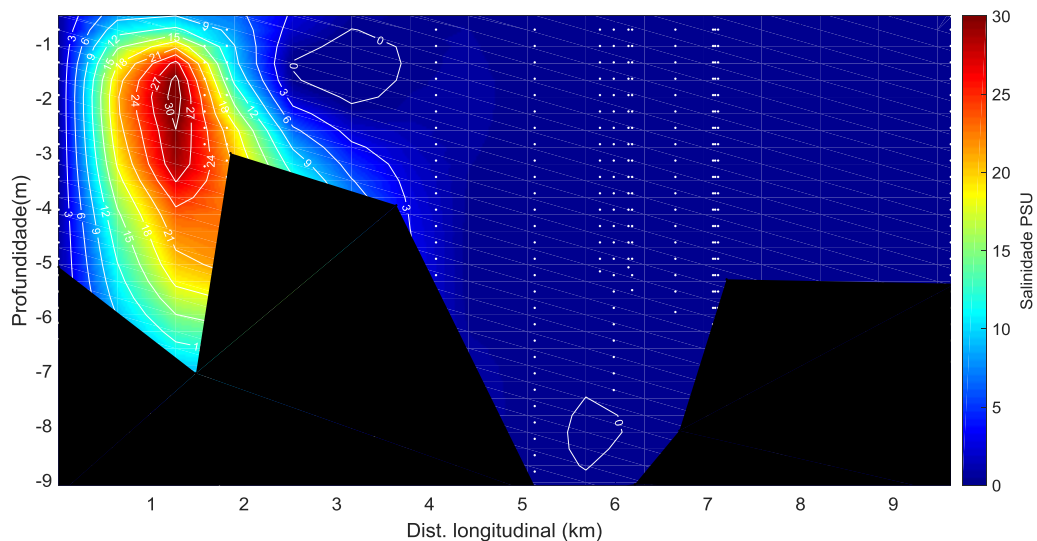


Figura 13: Distribuição longitudinal da salinidade na foz do rio São Francisco, variando da estação ESF 10 (ponto mais próximo à foz) à ESF 30 (ponto mais distante da foz), no período de preamar do dia 28 de outubro de 2019. Os pontos brancos indicam a localização longitudinal de cada perfil.

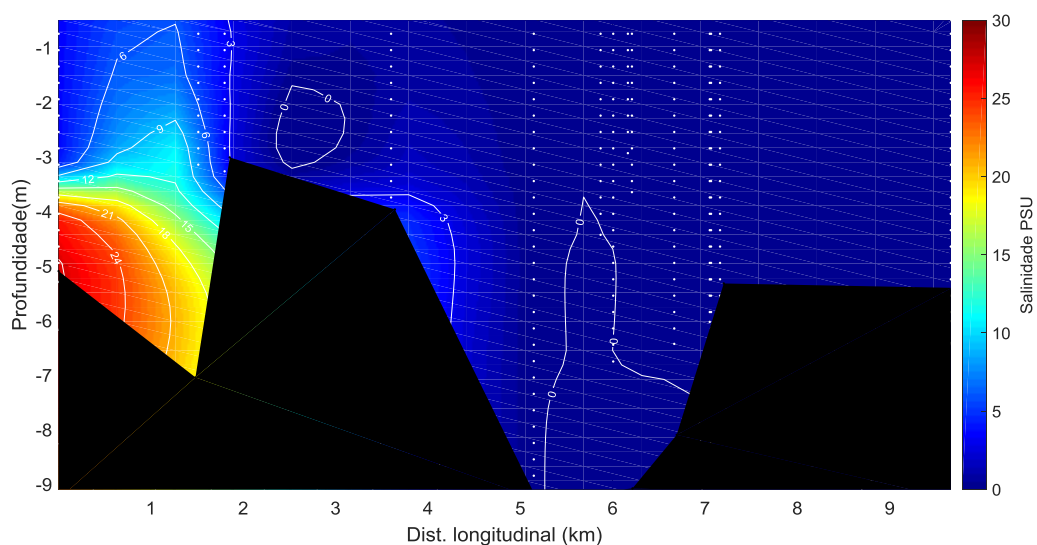


Figura 14: Distribuição longitudinal da salinidade na foz do rio São Francisco, variando da estação ESF 10 (ponto mais próximo à foz) à ESF 30 (ponto mais distante da foz), no período de baixamar do dia 29 de outubro de 2019. Os pontos brancos indicam a localização longitudinal de cada perfil.

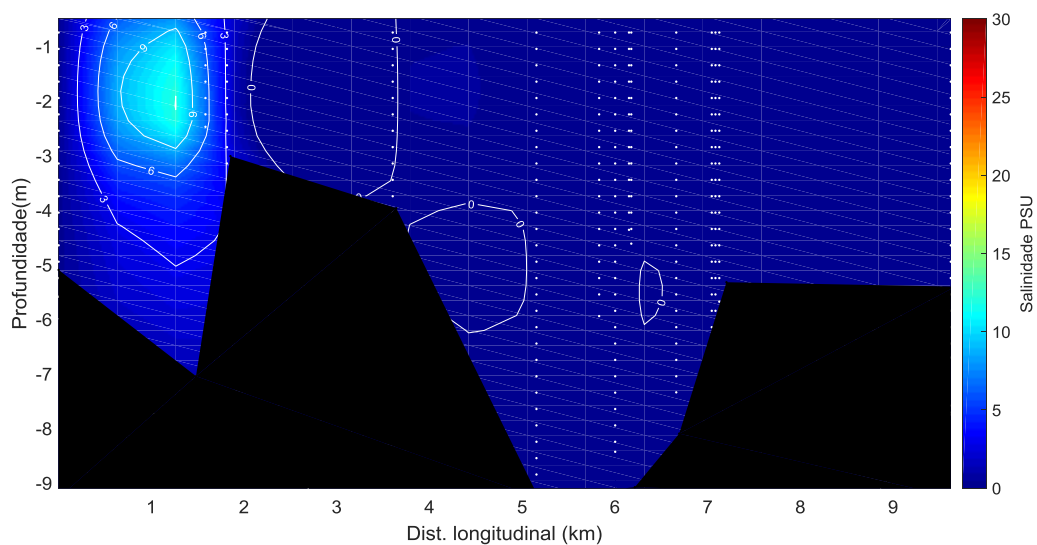


Figura 15: Distribuição longitudinal da salinidade na foz do rio São Francisco, variando da estação ESF 10 (ponto mais próximo à foz) à ESF 30 (ponto mais distante da foz), no período de preamar do dia 29 de outubro de 2019. Os pontos brancos indicam a localização longitudinal de cada perfil.

Baixamar e preamar dos dias 12 e 13 de novembro de 2019.

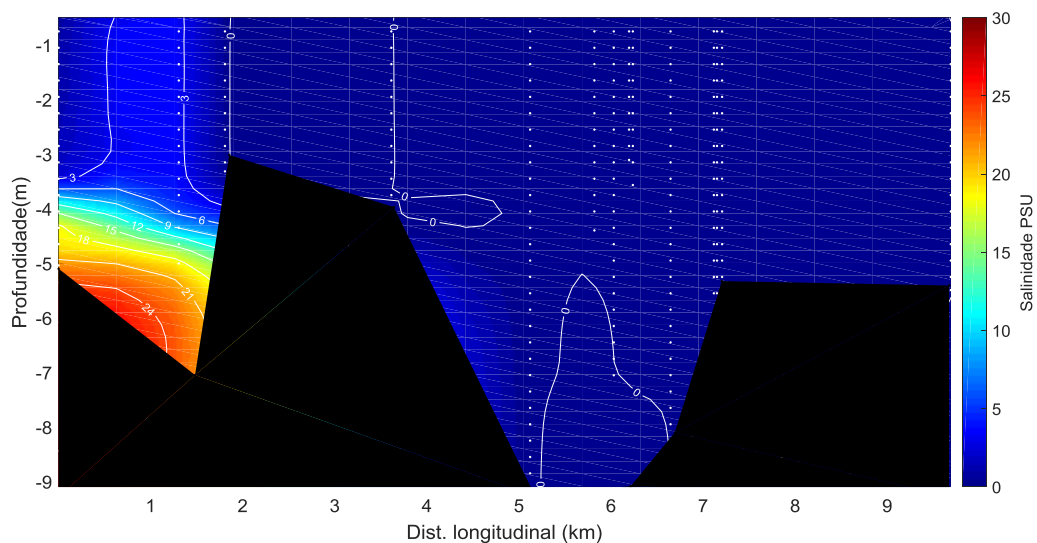


Figura 16: Distribuição longitudinal da salinidade na foz do rio São Francisco, variando da estação ESF 10 (ponto mais próximo à foz) à ESF 30 (ponto mais distante da foz), no período de baixamar do dia 12 de novembro de 2019. Os pontos brancos indicam a localização longitudinal de cada perfil.

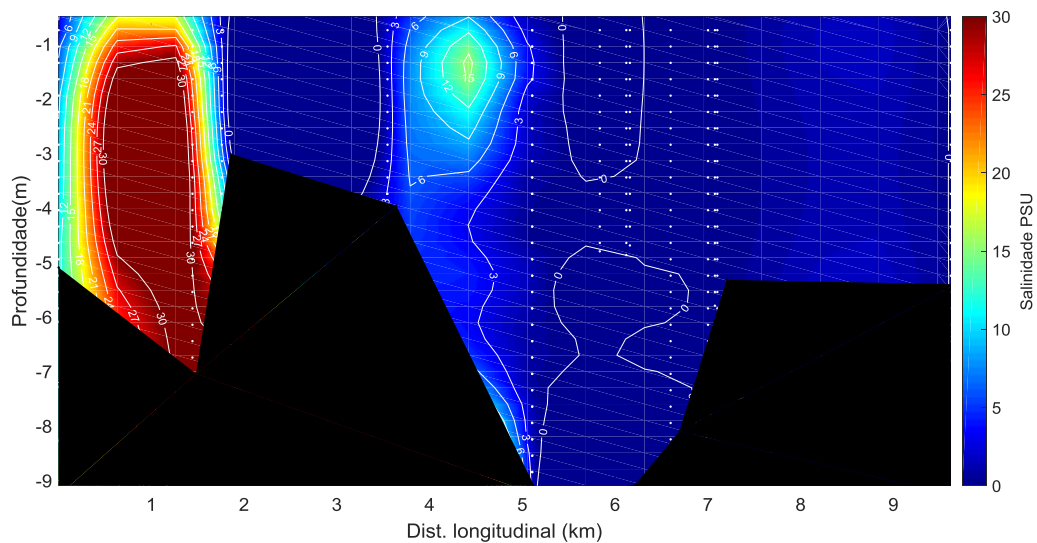


Figura 17: Distribuição longitudinal da salinidade na foz do rio São Francisco, variando da estação ESF 10 (ponto mais próximo à foz) à ESF 30 (ponto mais distante da foz), no período de preamar do dia 12 de novembro de 2019. Os pontos brancos indicam a localização longitudinal de cada perfil.

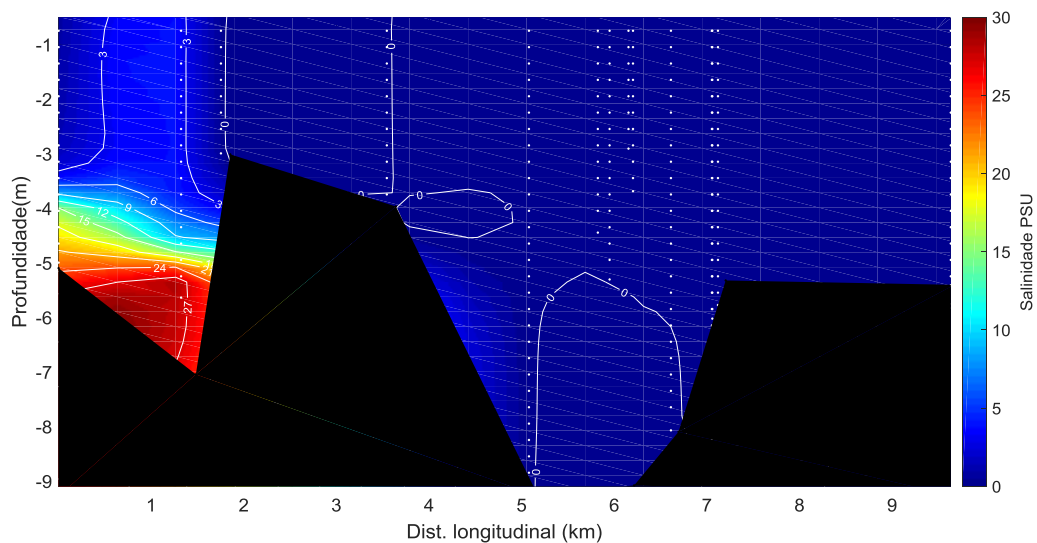


Figura 18: Distribuição longitudinal da salinidade na foz do rio São Francisco, variando da estação ESF 10 (ponto mais próximo à foz) à ESF 30 (ponto mais distante da foz), no período de baixamar do dia 13 de novembro de 2019. Os pontos brancos indicam a localização longitudinal de cada perfil.

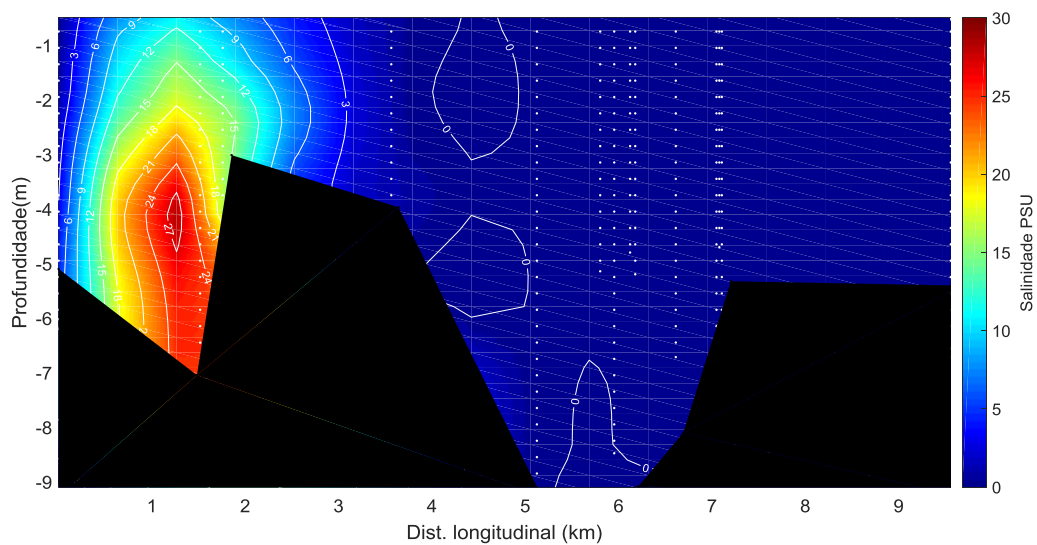


Figura 19: Distribuição longitudinal da salinidade na foz do rio São Francisco, variando da estação ESF 10 (ponto mais próximo à foz) à ESF 30 (ponto mais distante da foz), no período de preamar do dia 13 de novembro de 2019. Os pontos brancos indicam a localização longitudinal de cada perfil.

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 novembro/2019, a temperatura registrada nas coletas estiveram predominantemente acima de 28 °C. Nos períodos de preamar, as temperaturas em geral foram mais altas, todas as campanhas de preamar foram coletadas no período vespertino o que está associado com o momento do dia em que as águas expostas ao sol acumula o calor adquirido durante todo o dia além do acúmulo de água que ocorre na foz, onde vamos ter a entrada de água do continente pela vazão do rio assim como a entrada de água do mar devido à maré. As temperaturas mais baixas, entre 27°C, foram registradas na região próximo ao ponto ESF 26 nos períodos (Figuras 21). De maneira geral a temperatura da água na foz do rio São Francisco no mês de outubro esteve homogênea em torno de 28°C, como mostram as (figuras 21 a 29).

Baixamar e preamar do dia 28 e 29 de outubro de 2019

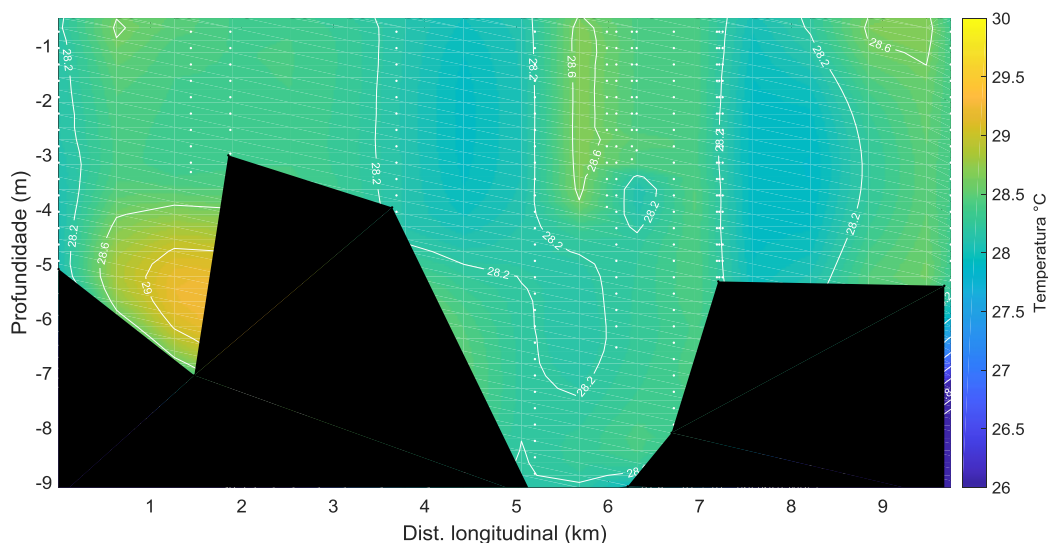


Figura 20: Distribuição longitudinal da temperatura da água na foz do rio São Francisco, variando da estação ESF 10 (ponto mais próximo à foz) à estação ESF 30 (ponto mais distante da foz,) no período de baixamar do dia 28 outubro de 2019. Os pontos brancos indicam a localização longitudinal de cada perfil.

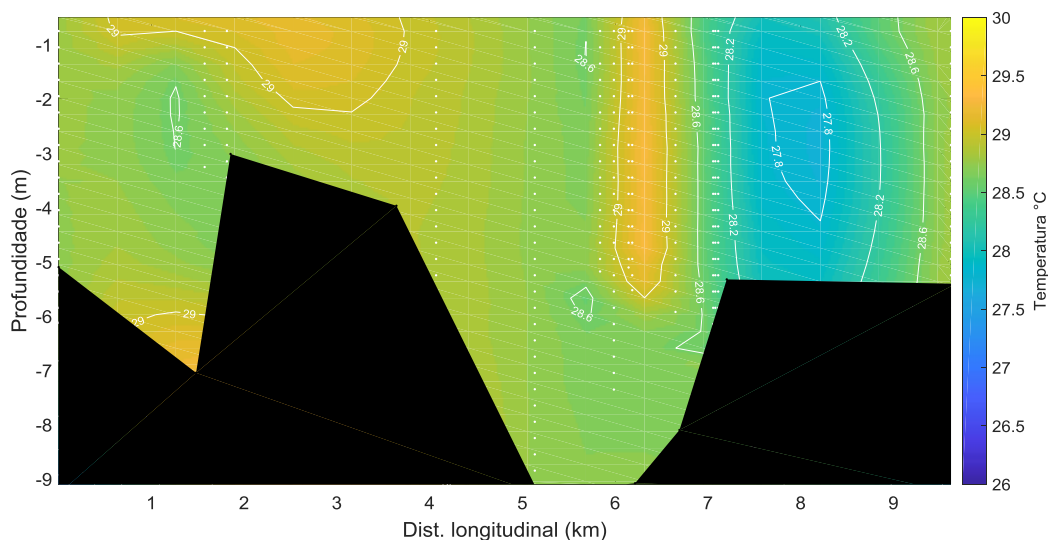


Figura 21: Distribuição longitudinal da temperatura da água na foz do rio São Francisco, variando da estação ESF 10 (ponto mais próximo à foz) à estação ESF 30 (ponto mais distante da foz,) no período de preamar do dia 28 de outubro 2019. Os pontos brancos indicam a localização longitudinal de cada perfil.

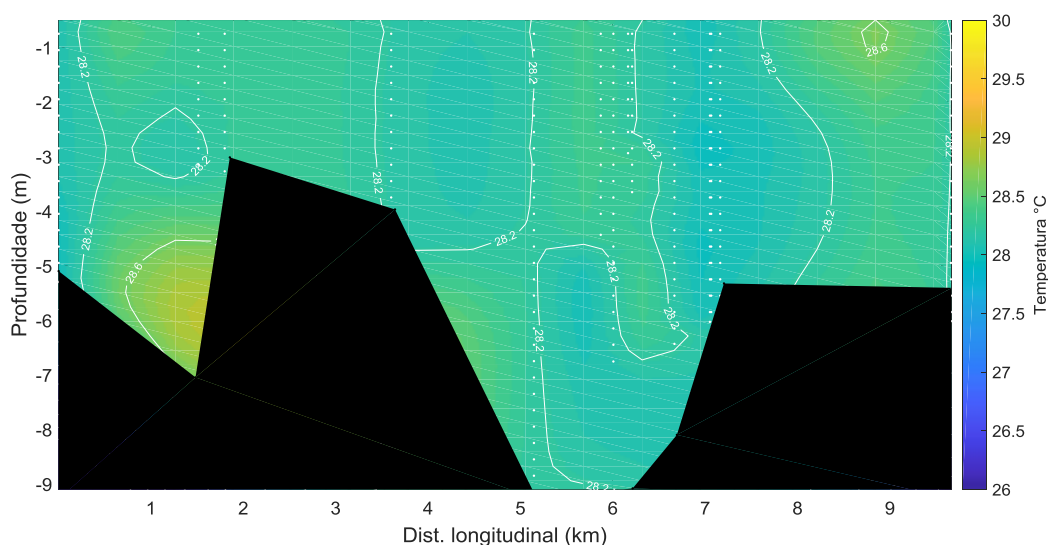


Figura 22: Distribuição longitudinal da temperatura da água na foz do rio São Francisco, variando da estação ESF 10 (ponto mais próximo à foz) à estação ESF 30 (ponto mais distante da foz,) no período de baixamar do dia 29 de outubro de 2019. Os pontos brancos indicam a localização longitudinal de cada perfil.

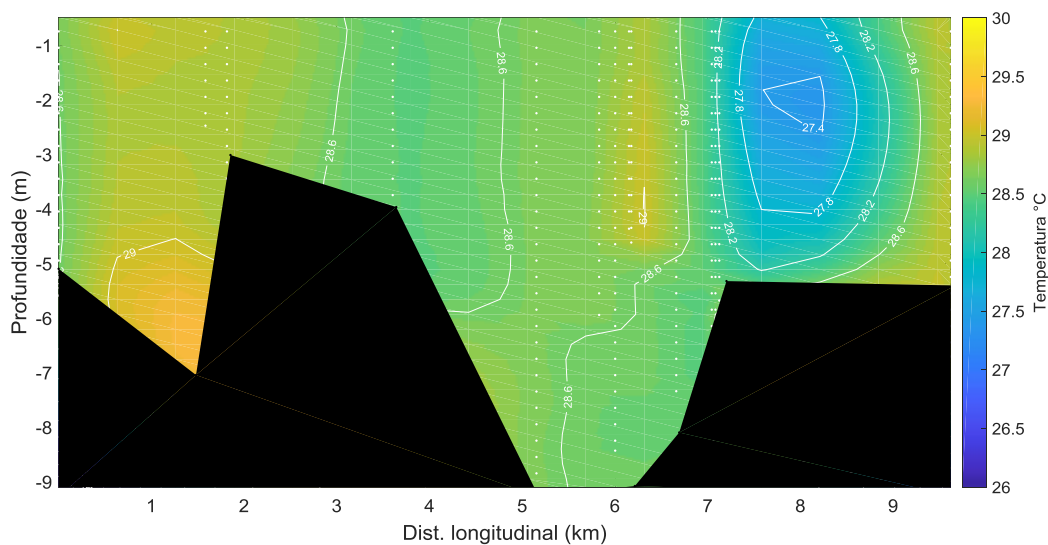


Figura 23: Distribuição longitudinal da temperatura da água na foz do rio São Francisco, variando da estação ESF 10 (ponto mais próximo à foz) à estação ESF 30 (ponto mais distante da foz,) no período de preamar do dia 29 de outubro de 2019. Os pontos brancos indicam a localização longitudinal de cada perfil.

Baixamar e preamar do dia 12 e 13 de novembro de 2019.

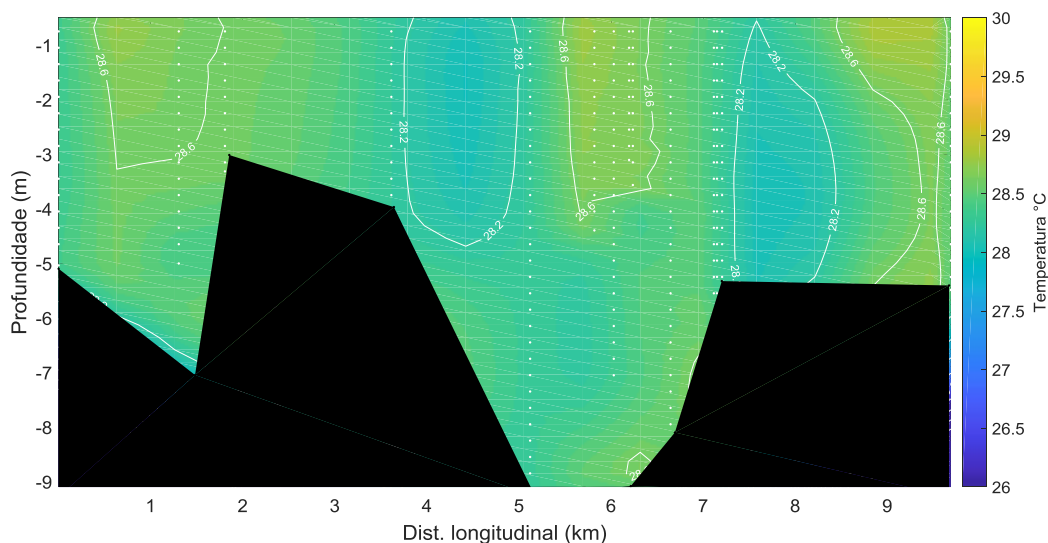


Figura 24: Distribuição longitudinal da temperatura da água na foz do rio São Francisco, variando da estação ESF 10 (ponto mais próximo à foz) à estação ESF 30 (ponto mais distante da foz,) no período de baixamar do dia 12 de novembro de 2019. Os pontos brancos indicam a localização longitudinal de cada perfil.

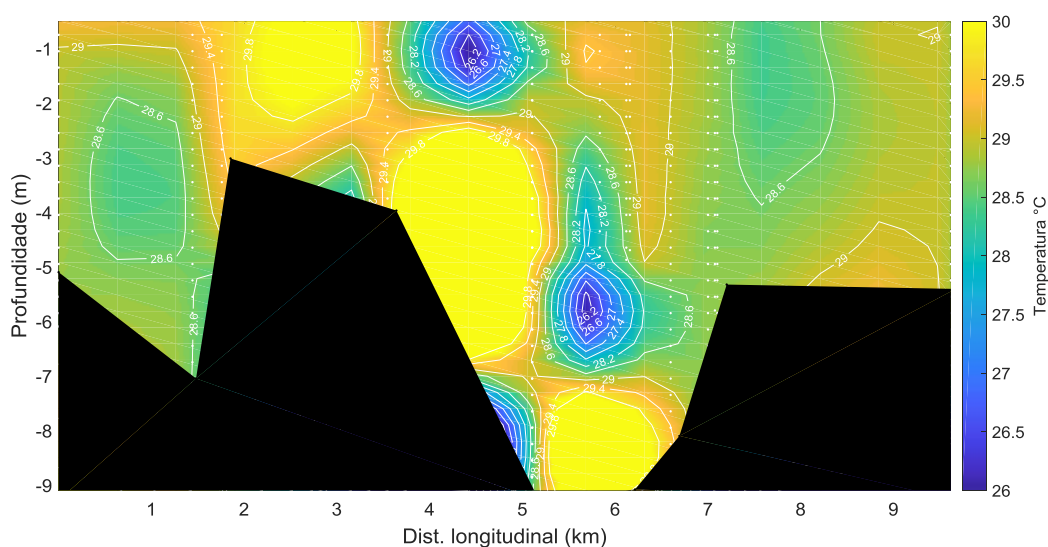


Figura 25: Distribuição longitudinal da temperatura da água na foz do rio São Francisco, variando da estação ESF 10 (ponto mais próximo à foz) à estação ESF 30 (ponto mais distante da foz,) no período de preamar do dia 12 de novembro de 2019. Os pontos brancos indicam a localização longitudinal de cada perfil.

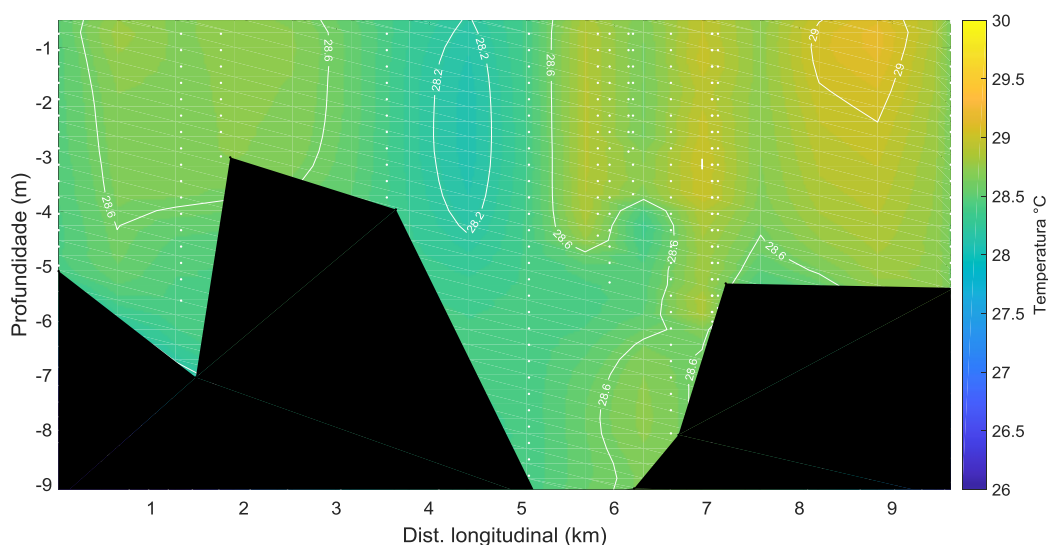


Figura 26: Distribuição longitudinal da temperatura da água na foz do rio São Francisco, variando da estação ESF 10 (ponto mais próximo à foz) à estação ESF 30 (ponto mais distante da foz,) no período de baixamar do dia 13 de novembro de 2019. Os pontos brancos indicam a localização longitudinal de cada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

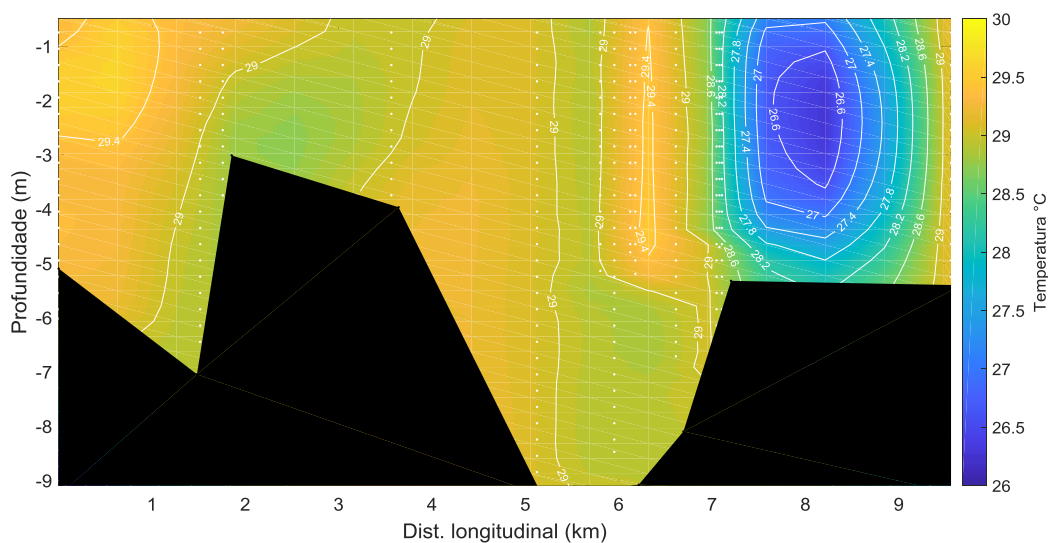


Figura 27: Distribuição longitudinal da temperatura da água na foz do rio São Francisco, variando da estação ESF 10 (ponto mais próximo à foz) à estação ESF 30 (ponto mais distante da foz,) no período de preamar do dia 13 de novembro de 2019.

MONITORAMENTO FIXO

As Tabelas 19 a 22 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 28 a 31.

A velocidade da corrente mais intensas foram registradas no monitoramento na localidade de Penedinho-Al no dia 29 de novembro 2019, quando atingiu $0,898 \text{ m.s}^{-1}$. Neste ponto, a variação bidirecional de vazante e enchente foi de 87 a 293° , respectivamente (24 e 26). Em Penedinho, esta variou entre 59 a 288° (Figura 37 e 25). Quando ocorre os picos de velocidade da corrente do rio 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 e até a região de pesca o 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 30 e 31 de outubro de 2019

Tabela 19: 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 30/10/2019.

Data	Hora	Vel.(m.s ⁻¹)	Direção (°)
30/10/2019	04:05	0.360	238
	05:01	0.282	268
	06:07	0.133	264
	07:09	0.307	80
	08:05	0.623	76
	09:01	0.711	77
	10:00	0.728	78
	11:02	0.555	82
	12:00	0.699	75
	13:03	0.610	74
	14:01	0.180	71
	15:00	0.246	262
	16:00	0.366	258

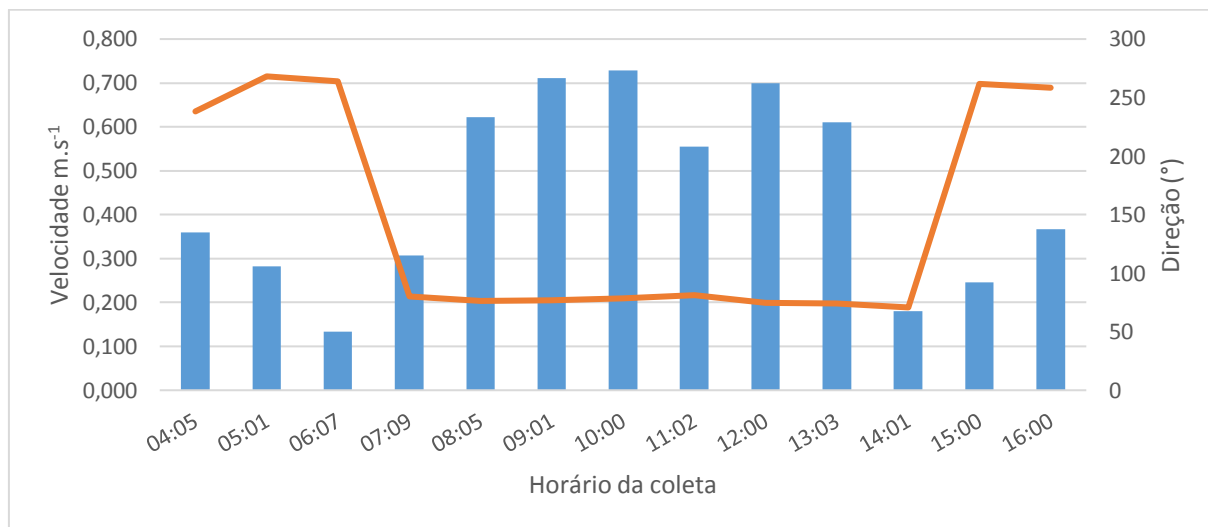


Figura 28: Dados hidrodinâmicos coletados durante a campanha fixa em Brejo Grande no dia 30/10/2019. As barras azuis representam a velocidade da corrente e a linha laranja a direção.

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 Piaçabuçu-AL (Penedinho, ESF30) no dia 31/10/2019

Data	Hora	Vel.(m.s ⁻¹)	Direção (°)
31/10/2019	04:02	0.575	284
	05:00	0.446	285
	06:01	0.418	286
	07:05	0.000	284
	08:09	0.519	99
	09:00	0.807	102
	10:00	0.854	101
	11:00	0.895	104
	12:01	0.899	103
	13:00	0.827	101
	14:00	0.473	103
	15:01	0.152	284
	16:00	0.331	283

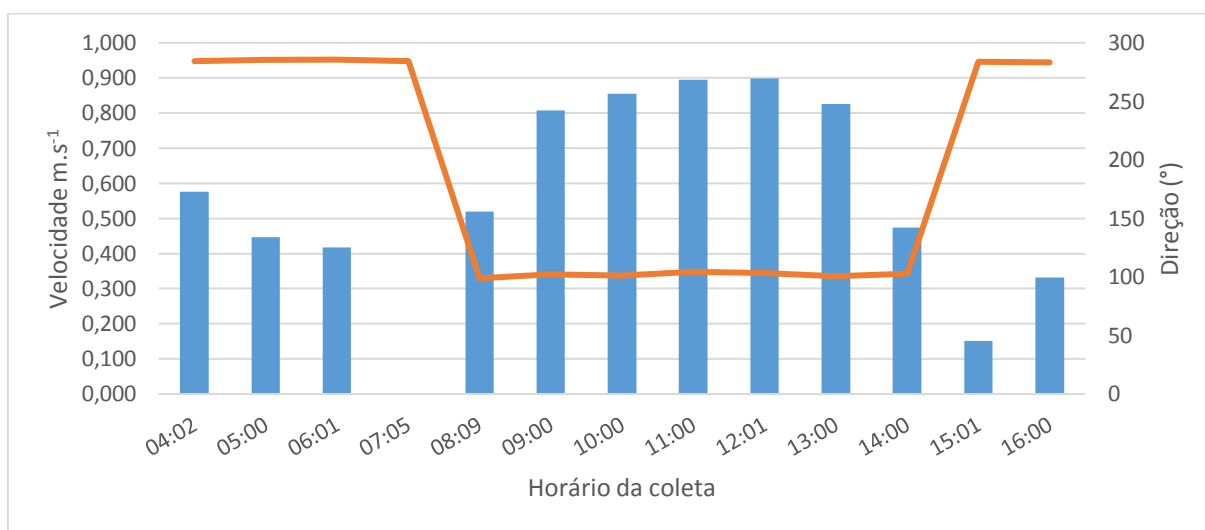


Figura 29: Dados hidrodinâmicos coletados durante a campanha fixa na bomba de captação de água da cidade de Piaçabuçu-AL (Penedinho, ESF 30), no dia 31/10/2019. As barras azuis representam a velocidade da corrente e a linha laranja a direção.

Campanhas fixas realizadas nos dias 14e 15 de setembro de 2019

Tabela 21: Dados 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 14/11/2019.

Data	Hora	Vel.(m.s ⁻¹)	Direção (°)
14/11/2019	04:07	0.181	257
	05:05	0.116	254
	06:07	0.152	89
	07:01	0.292	70
	08:00	0.626	72
	09:01	0.719	75
	10:00	0.672	73
	11:02	0.770	71
	12:02	0.701	73
	13:00	0.494	68
	14:03	0.043	173
	15:00	0.288	254
	16:01	0.264	255

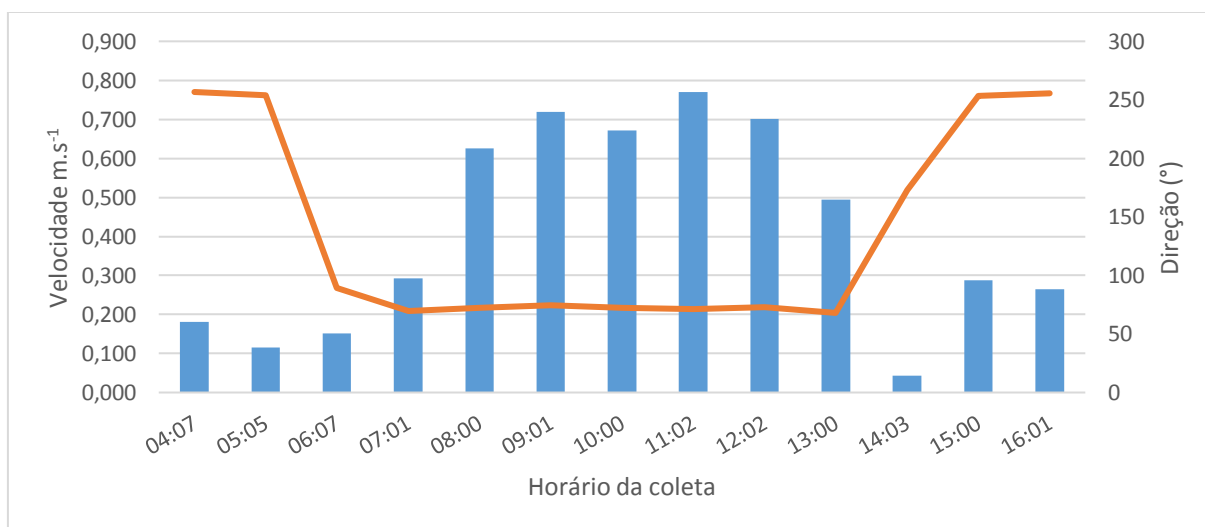


Figura 30: Dados hidrodinâmicos coletados durante a campanha fixa em Brejo Grande no dia 14/11/2019. As barras azuis representam a velocidade da corrente e a linha laranja a direção.

Tabela 22: 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 15/11/2019

Data	Hora	Vel.(m.s ⁻¹)	Direção (°)
15/11/2019	00:07	0.699	105
	01:05	0.558	80
	02:03	0.306	103
	03:06	0.497	286
	04:00	0.446	281
	05:00	0.440	282
	06:02	0.253	103
	07:00	0.398	102
	08:00	0.691	102
	09:00	0.829	102
	10:02	0.849	102
	11:00	0.844	104
	12:00	0.813	105

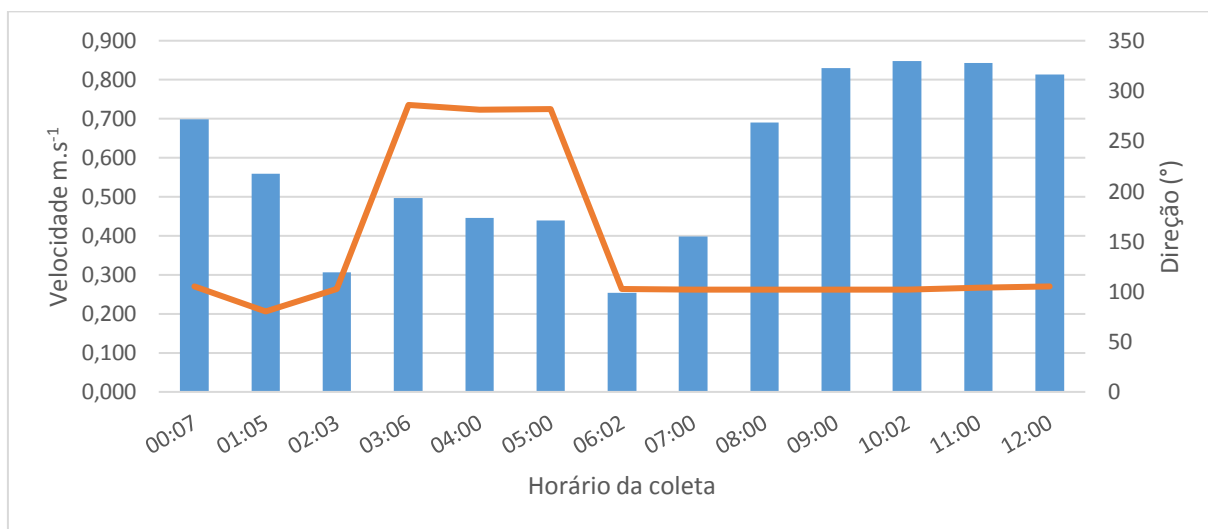


Figura 31: Dados hidrodinâmicos coletados durante a campanha fixa na bomba de captação de água da cidade de Piaçabuçu-AL (Penedinho, ESF 30), no dia 15/11/2019. As barras azuis representam a velocidade da corrente e a linha laranja a direção.

As Figuras 32 a 35 representam a distribuição temporal de salinidade da água das campanhas fixas de 12 horas, realizadas nos dias 30, 31 de outubro e 14 e 15 de novembro de 2019. A salinidade nas campanhas fixas de Brejo Grande e Penedinho se mantiveram abaixo de 0.5 PSU, limite para classificação de água doce segundo a Resolução nº. 357 do CONAMA, os valores mais elevados estiveram próximo de 0.06 PSU, desta forma os parâmetros de salinidade para todas as medições estiveram dentro dos parâmetros seguros para o uso doméstico.

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 0,45°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

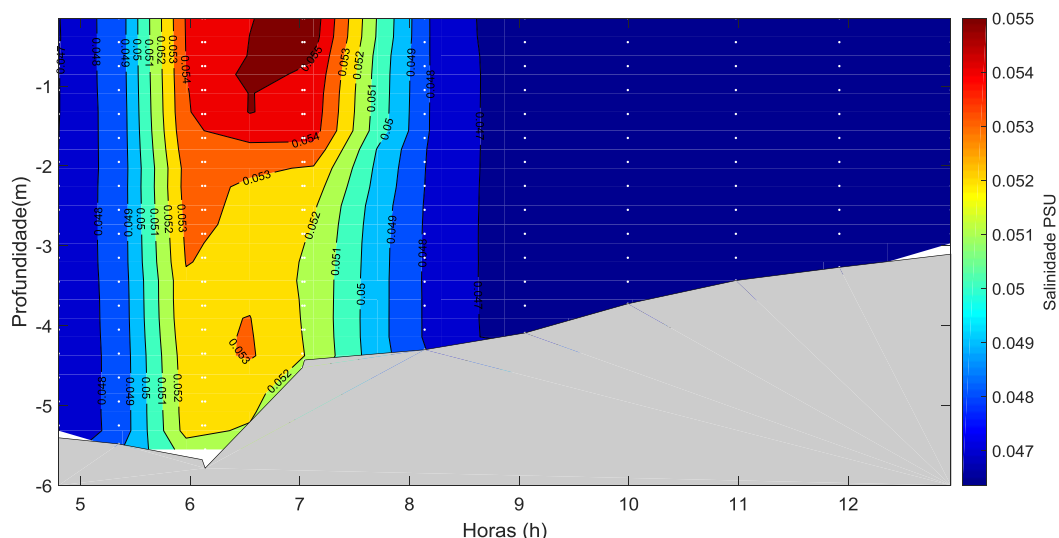


Figura 32: Distribuição temporal da salinidade da água durante o monitoramento fixo da cunha salina, realizado no dia 30 de outubro de 2019, nas proximidades da bomba de captação de água da cidade de Brejo Grande - SE (ESF 32). Os pontos brancos representam o momento do dia da campanha quando os perfis foram realizados e o formato do fundo corresponde à variação do nível da coluna d'água ou o ponto máximo de alcance do CTD.

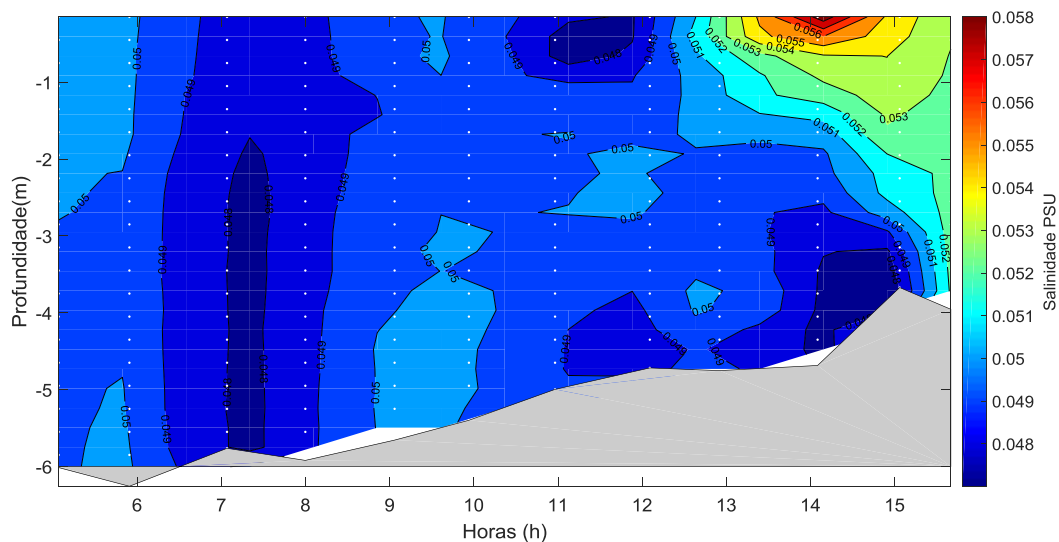


Figura 33: Distribuição temporal da salinidade da água durante o monitoramento fixo da cunha salina, realizado no dia 31 de outubro de 2019, nas proximidades da bomba de captação de água da cidade de Piaçabuçu (Penedinho, ESF 30). Os pontos brancos representam o momento do dia da campanha quando os perfis foram realizados e o formato do fundo corresponde à variação do nível da coluna d'água ou o ponto máximo de alcance do CTD.

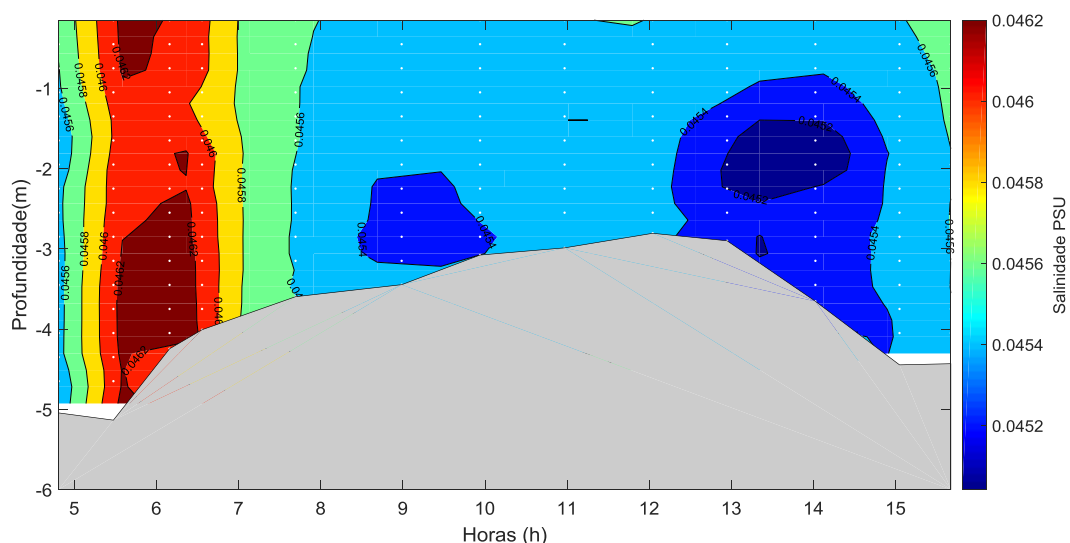


Figura 34: Distribuição temporal da salinidade da água durante o monitoramento fixo da cunha salina, realizado no dia 14 de novembro de 2019, nas proximidades da bomba de captação de água da cidade de Brejo Grande - SE (ESF 32). Os pontos brancos representam o momento do dia da campanha quando os perfis foram realizados e o formato do fundo corresponde à variação do nível da coluna d'água ou o ponto máximo de alcance do CTD.

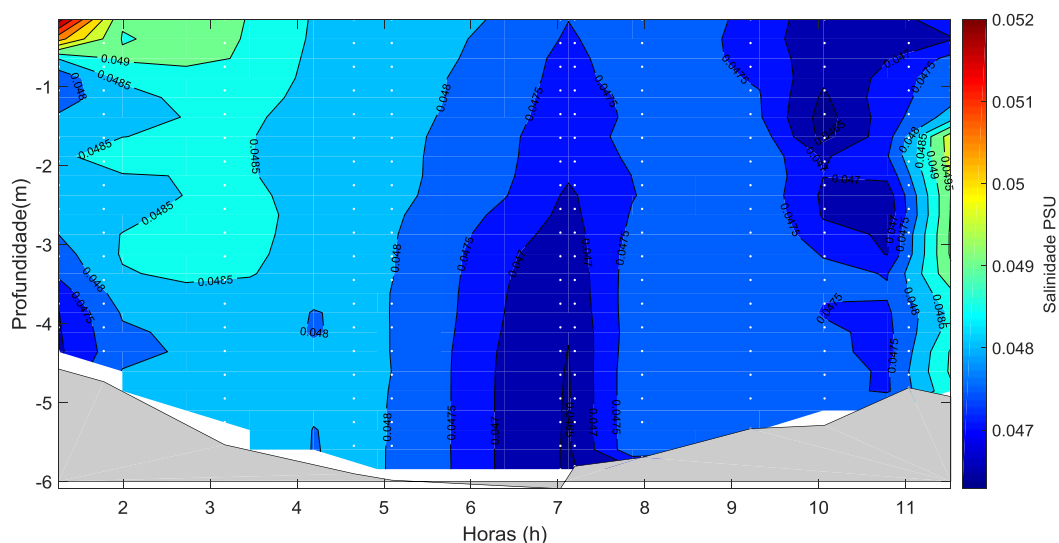


Figura 35: Distribuição temporal da salinidade da água durante o monitoramento fixo da cunha salina, realizado no dia 15 de novembro de 2019, nas proximidades da bomba de captação de água da cidade de Piaçabuçu (Penedinho, ESF 30). Os pontos brancos representam o momento do dia da campanha quando os perfis foram realizados e o formato do fundo corresponde à variação do nível da coluna d'água ou o ponto máximo de alcance do CTD.

Temperatura

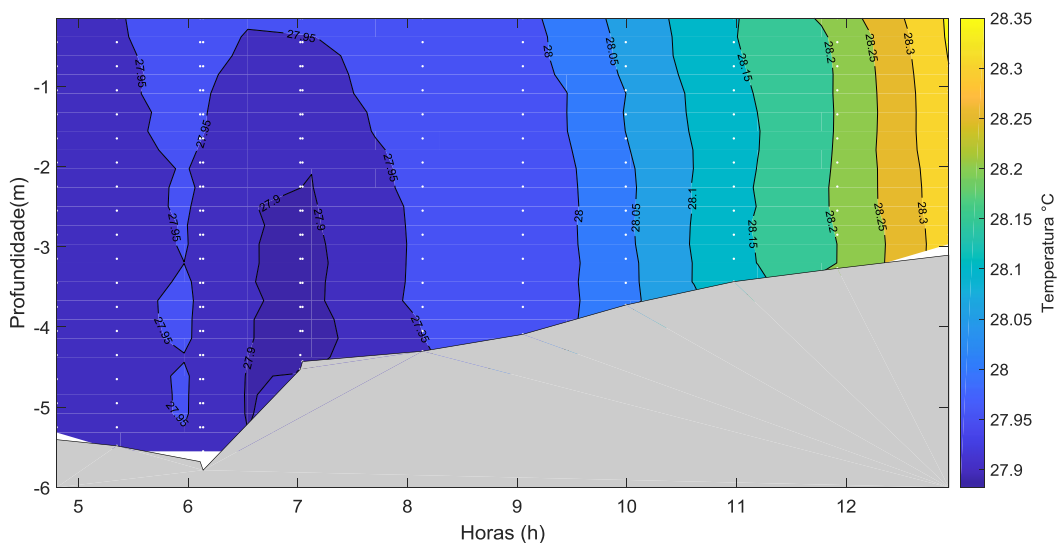


Figura 36: Distribuição temporal da temperatura da água durante o monitoramento fixo realizado no dia 30 de outubro de 2019, nas proximidades da bomba de captação de água da cidade de Brejo Grande (ESF 32). Os pontos brancos representam o momento do dia da campanha quando os perfis foram realizados e o formato do fundo corresponde à variação do nível da coluna d'água ou o ponto máximo de alcance do CTD.

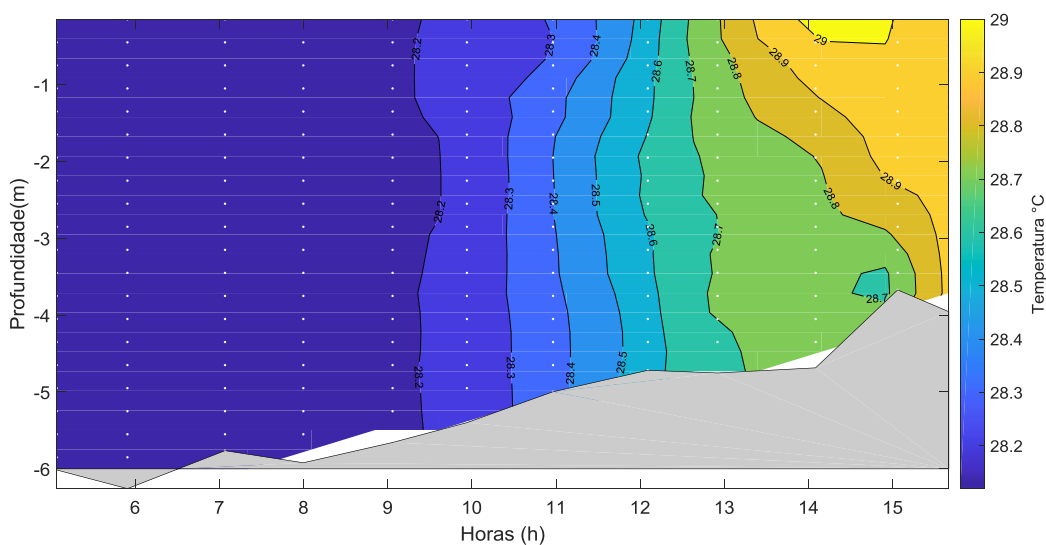


Figura 37: Distribuição temporal da temperatura para o monitoramento fixo de 12 horas da cunha salina, realizado no dia 31 de outubro de 2019 nas proximidades da bomba de captação de água da cidade de Brejo Grande (ESF 32). Os pontos brancos representam o momento do dia da campanha quando os perfis foram realizados e o formato do fundo corresponde à variação do nível da coluna d'água ou o ponto máximo de alcance do CTD.

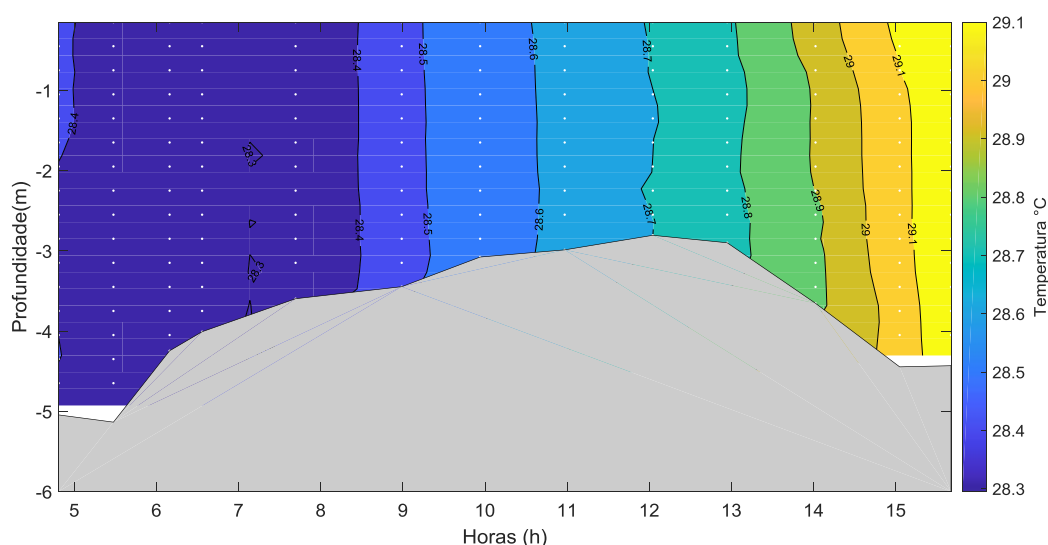


Figura 38: Distribuição temporal da temperatura para o monitoramento fixo de 12 horas da cunha salina, realizado no dia 14 de novembro de 2019 nas proximidades da bomba de captação de água da cidade de Brejo Grande (ESF 32). Os pontos brancos representam o momento do dia da campanha quando os perfis foram realizados e o formato do fundo corresponde à variação do nível da coluna d'água ou o ponto máximo de alcance do CTD.

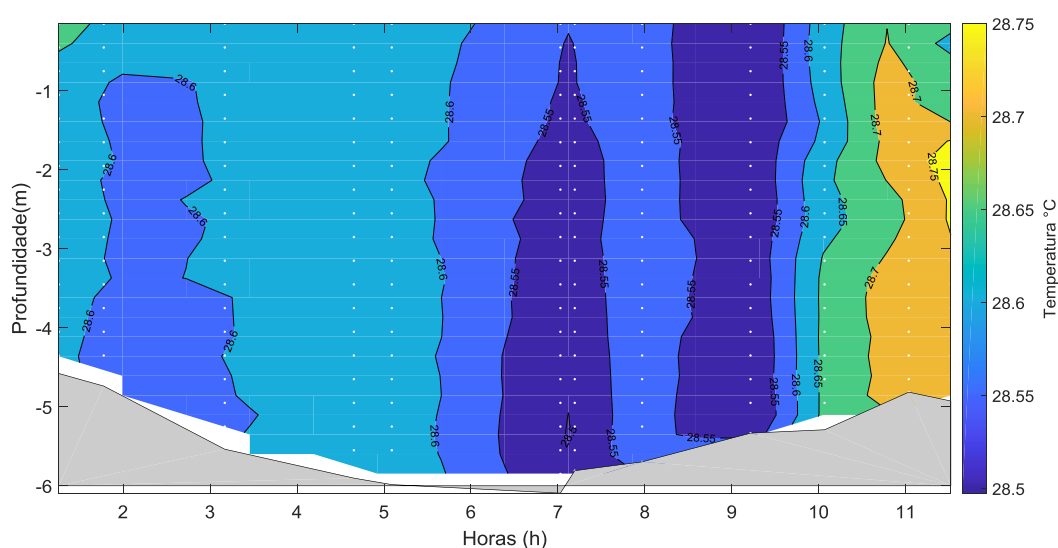


Figura 39: Distribuição temporal da temperatura para o monitoramento fixo de 12 horas da cunha salina, realizado no dia 15 de novembro de 2019 nas proximidades da bomba de captação de água da cidade de Piaçabuçu (Penedinho, ESF 30). Os pontos brancos representam o momento do dia da campanha quando os perfis foram realizados e o formato do fundo corresponde à variação do nível da coluna d'água ou o ponto máximo de alcance do CTD.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

As marés durante as campanhas de coleta variaram entre a altura mínima de 0,0 m no dia 29 de outubro e máxima de 2,5 m também no dia 29 de outubro de 2019. Os ventos sopraram de forma predominantes da direção sul $125,5^\circ$, com velocidades média de 3.6 m.s^{-1} , e a temperatura atmosférica média foi de $28,1^\circ\text{C}$ para o período de lua nova e $27,7^\circ\text{C}$ para o período de lua cheia.

As correntes apresentaram seu deslocamento de forma bidirecional, de acordo com a disposição geomorfológica de cada estação, tendo 8 delas (ESF D1, ESF 10, ESF 14, ESF 18, ESF 21, ESF 22, ESF 23 e ESF 25) apresentado variação entre o eixo de $120^\circ - 300^\circ$ (sudeste-noroeste), e as estações ESF, 26, ESF 27, ESF 28, ESF 30, ESF 31 e ESF 32 se deslocado no eixo nordeste-sudoeste. A correntes mais intensas foram registradas nos momentos de vazante da maré nas estações localizadas no eixo sudeste-noroeste (ESF D1, ESF 10, ESF 14, ESF 18, ESF 21, ESF 22e ESF 23); onde as correntes chegaram à velocidade próxima a 1 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 sido aparentemente relacionada diretamente com as condições do tempo. De forma geral, apresentou uma distribuição homogênea em torno de 28.

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 7,6 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, atingindo picos de 30 PSU (preamar no dia 30 de outubro, 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 máximos em torno de 21 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 de referente ao mês de novembro/2019. De maneira geral os perfis de salinidade para as

campanhas nos pontos fixos estiveram inferiores a 0.06 PSU, o que demonstra níveis seguros em relação à salinidade para a captação de água doce nos pontos ESF 32 (Brejo Grande - SE) e ESF 30 (Penedinho - AL). De acordo com a resolução do CONAMA 357 de 2015, a água é considerada doce até salinidade de 0,5 PSU, salobra de 0,5 a 30 PSU e salina a partir de 30 PSU.

REFERÊNCIAS CONSULTADAS

ANA- Agência Nacional de Águas 2019, acessado em 28 de Agosto de, 2019, no site <http://ana.gov.br>

ANA- Agência Nacional de Águas 2017, Resolução N° 2.081, de 04 de dezembro de 2017. Condições de operação do sistema hídrico do Rio São Francisco.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA. Resolução no 357, de 17 de março de 2005. Brasília. 2005.

CETESB. Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. Variáveis de Qualidade das Águas. Disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br/Agua/rios/variaveis.asp#serie>. Acessado

Domingues, E. C; Schettini, C. A. F; Truccolo, E. C. Filho, J. C. O., 2017. Hydrography and current on the Pernambuco Continental Shelf, Brazilian Journal of Water Resources, Porto Alegre v. 22, e. 43,

Schettini, C.A.F., Miranda, J.B., Valle-Levinson, A., Truccolo, E.C., Domingues, E.C., 2016. The circulation of the lower Capibaribe estuary (Brazil) and its implications in the transport of scalars. Brazilian Journal of Oceanography. 64 (3), 263-276. (a)

Valle-Levinson, A. & Schettini, C.A.F 2015., Fortnightly switching of residual flow drivers in tropical semiarid estuary. Estuarine, Coastal and Shelf Science, 1-10.