

# Subprograma de Monitoramento da Intrusão da Cunha Salina

## RELATÓRIO 02

Programa de Monitoramento do Rio São Francisco Durante o Período de Vazão Reduzida

Registros Fotográficos da Empresa Água & Terra obtidos no sítio da CHESF



EMPRESA CONSULTORA:



Engenharia & Meio Ambiente

OSA 2015-088

Contrato  
CTNE N° 92.2015.3000.00

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

**SUBPROGRAMA DE MONITORAMENTO DA INTRUSÃO  
DA CUNHA SALINA**

**RELATÓRIO 02**

*Preparado para:*  
**COMPANHIA HIDRO ELÉTRICA DO SÃO FRANCISCO - CHESF**  
*Recife - PE*

*Preparado por:*  
**Agrosig Engenharia e Meio Ambiente Eireli - EPP**  
*Porto Alegre - RS*

Distribuição:

03 cópias impressas

Companhia Hidro Elétrica do São Francisco - CHESF

02 cópias digitais

01 cópia

Agrosig Engenharia e Meio Ambiente EIRELI - EPP

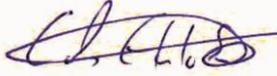
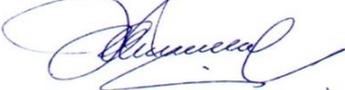
**NOTA**

Esta Proposta foi preparada pela Agrosig Engenharia e Meio Ambiente Eireli EPP, a partir das normas técnicas recomendadas para trabalhos desta natureza, em estreita observação aos ditames da Legislação vigente e dos termos e condições firmados com o Cliente. Considerada esta premissa, a Agrosig se isenta de quaisquer responsabilidades perante o Cliente ou terceiros pela utilização dos dados e conteúdos contidos nesta Proposta, ainda que parcialmente, fora do contexto citado no Edital de Licitação. Reitera-se, que todo o conteúdo é confidencial e destinado à utilização exclusiva do Cliente, de forma que a Agrosig não se responsabiliza pela utilização do material, ainda que parcialmente, por terceiros. Cópias do conteúdo ou a utilização dos dados para outros fins somente poderão ser efetuadas a partir da obtenção da autorização formal do Cliente ou da Agrosig.

Mês/Ano	Ordem Serviço	Contrato	Código Documento
Agosto, 2017	OSA 2015-088	CTNE- 92.2015.3000.00	OSA2015-088-CHESF-MVR-CUNHA-SALINA-01-R3.docx

Tipo de Relatório	Parcial	■	Nº2	Controle Versões	Documento		Data Emissão
					Mínuta Para Análise	<input type="checkbox"/>	01/08/2017
	Final		<input type="checkbox"/>		Revisão 1	<input type="checkbox"/>	01/08/2017
					Revisão 2	<input checked="" type="checkbox"/>	02/08/2017
					Revisão 3	<input type="checkbox"/>	
					Versão Aprovada Cliente	<input checked="" type="checkbox"/>	02/08/2017

**Controle de Produção do Documento**

	Profissional	Qualificação	Registro Profissional	Assinatura	Rubrica
Elaborado	Carlos Eduardo Simão	Engenheiro Ambiental Ms.	CREA RS 174611		
Revisado	Evandro Gottardo	Geólogo Ms. Dr.	CREA RS 83699		
Aprovado	Evandro Gottardo	Geólogo Ms. Dr.	CREA RS 83699		
Autorizado	Jorge Vidal Olivera Duarte	Eng. Agrícola, Ms. Especialista	CREA RS 44141		

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

### SUBPROGRAMA DE MONITORAMENTO DA INTRUSÃO DA CUNHA SALINA

#### RELATÓRIO 02

#### ÍNDICE

1 - INTRODUÇÃO .....	4
2 - MATERIAIS E MÉTODOS .....	4
2.1 - Equipamentos Técnicos .....	4
2.2 - Frequência das Campanhas Amostrais .....	5
2.3 - Localização das Estações de Coleta de Dados .....	6
2.4 - Data e Horário das Coletas de Dados .....	7
3 - RESULTADOS .....	8
3.1 - Campanha 1 .....	8
3.1.1 - Ponto Fixo 32 .....	8
3.1.2 - Ponto Fixo 23 .....	11
3.1.3 - Medição Longitudinal .....	13
3.1.3.1 - Vazante 1 .....	13
3.1.3.2 - Enchente .....	15
3.1.3.3 - Vazante 2 .....	17
3.1.3.4 - Enchente 2 .....	19
3.2 - Campanha 2 .....	21
3.2.1 - Ponto Fixo 32 .....	22
3.2.2 - Ponto Fixo 23 .....	24
3.2.3 - Medição Longitudinal .....	26
3.2.3.1 - Vazante 1 .....	27
3.2.3.2 - Enchente 1 .....	29
3.2.3.3 - Vazante 2 .....	31
3.2.3.4 - Enchente 2 .....	33
4 - CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	35
5 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	37
6 - EMPRESA RESPONSÁVEL PELA ELABORAÇÃO DO RELATÓRIO .....	37
7 - EQUIPE TÉCNICA .....	38

## 1 - INTRODUÇÃO

O objetivo deste Relatório Técnico é atender aos preceitos estipulados pelo Contrato de Prestação de Serviços CTNE-92.2013.3500.00 firmado entre a empresa Contratada Agrosig Engenharia e Meio Ambiente EIRELI - EPP (doravante denominada AGROSIG) e a Contratante COMPANHIA HIDRO ELÉTRICA DO SÃO FRANCISCO - CHESF (doravante denominada CHESF)

O instrumento contratual foi originado a partir do processo licitatório vinculado ao EDITAL PREGÃO ELETRÔNICO PG-1.92.2013.3500 e respectivos Anexos, do qual a empresa AGROSIG resultou vencedora.

O objeto contratual trata da execução de serviços de para consecução do PROGRAMA DE MONITORAMENTO DO RIO SÃO FRANCISCO DURANTE O PERÍODO DE VAZÃO REDUZIDA.

Sob este prisma, o relatório em apreço trata da execução dos serviços correlatos ao **Subprograma de Monitoramento da Introdução da Cunha Salina**, em conformidade com o estipulado na Especificação Técnica ET-DEMG-10/2015 que orienta a execução dos serviços e no Plano de Trabalho anteriormente apresentado e aprovado pela Contratante.

Assim, em continuidade são apresentados os resultados do monitoramento do campo de corrente, salinidade e temperatura no baixo estuário do Rio São Francisco referente à terceira e à quarta campanhas de levantamento de dados.

## 2 - MATERIAIS E MÉTODOS

### 2.1 - EQUIPAMENTOS TÉCNICOS

Em face da necessidade de levantamento muito especializado das informações requeridas por este Programa, serão utilizados equipamentos específicos, conforme descrito a seguir:

#### TEMPERATURA, CONDUTIVIDADE E SALINIDADE

Para as medições de temperatura, condutividade e salinidade será utilizada a uma sonda multiparâmetro da marca da marca YSI, modelo 6600V2 (Figura 1). A sonda multiparamétrica dispõe de um *log* interno que permite o armazenamento dos dados de temperatura e salinidade em alta frequência.



**Figura 1 - Equipamento utilizado nas medições de temperatura, condutividade e salinidade: Sonda multiparamétrica marca YSI, modelo 6600 V2.**

### VELOCIDADE E DIREÇÃO DAS CORRENTES

Os componentes advectivos e difusivos do processo de mistura das águas salinas costeiras com as águas interiores são indissociáveis das velocidades e direções de correntes. Assim para a correta caracterização do comportamento das correntes serão efetuadas medições com Perfilador Acústico de Correntes por Efeito Doppler (ADCP) da marca Teledyne, modelo AQUADOPP (Figura 2). As medições serão executadas por meio de apoio logístico de uma embarcação onde o instrumento será instalado no sistema *down-looking*.



**Figura 2 - Perfilador acústico de correntes.**

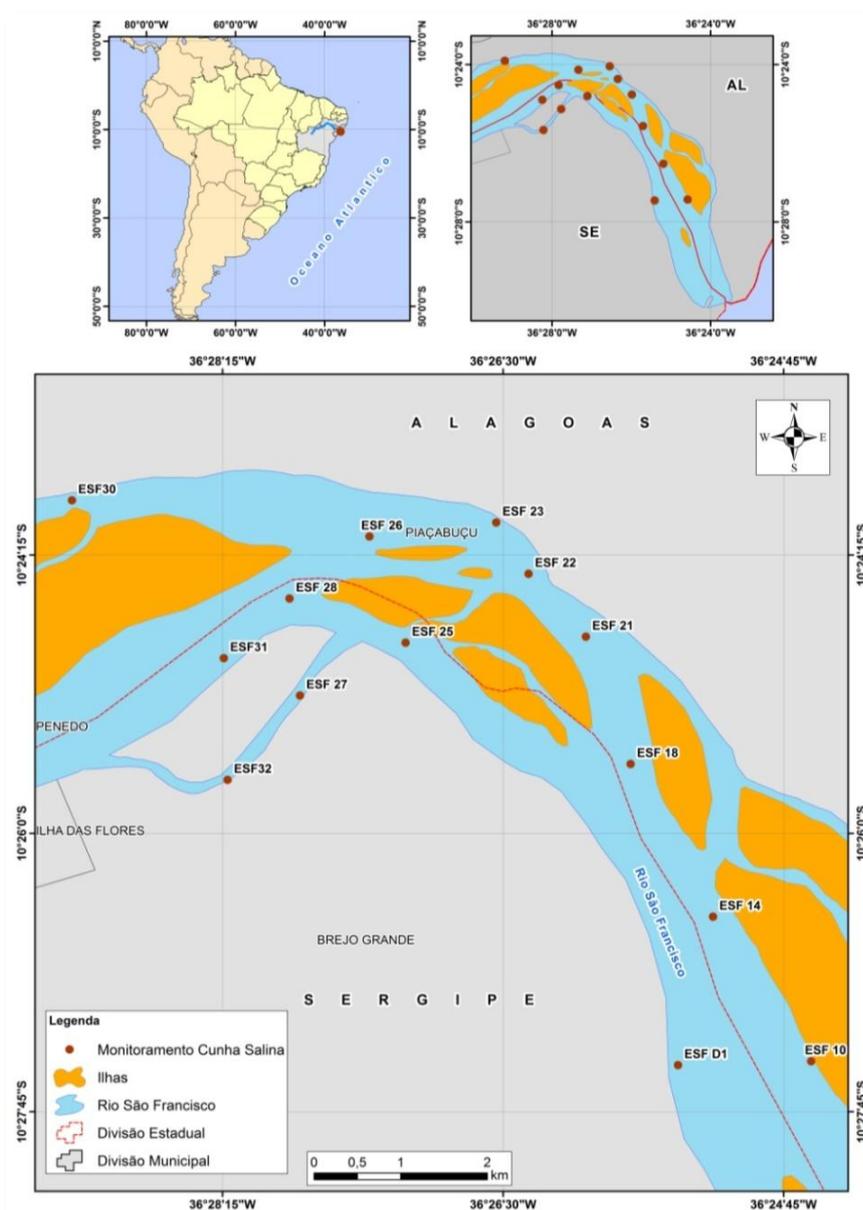
## **2.2 - FREQUÊNCIA DAS CAMPANHAS AMOSTRAIS**

A coleta de dados foi efetuada em duas campanhas. A primeira campanha ocorreu entre os dias 22 e 25 de junho de 2017 durante o período de maré de sizígia. Já a segunda campanha foi executada entre os dias 7 e 10 de julho de 2017 no período de maré de sizígia.

Para cada campanha foram realizados 4 monitoramentos longitudinais, sendo 2 durante a maré enchente e 2 na maré vazante. Também foram monitorados 2 pontos fixos durante 1 ciclo de maré cada.

### 2.3 - LOCALIZAÇÃO DAS ESTAÇÕES DE COLETA DE DADOS

A localização de cada estação de coleta de dados pode ser visualizada na Figura 3; já a codificação e as respectivas coordenadas geográficas de cada ponto estão listadas no Quadro 1.



**Figura 3 - Localização das estações de coleta de dados.**

**Quadro 1 - Coordenadas geográficas das estações de coleta de dados.**

Estação	Latitude	Longitude
ESF_D1	10° 27' 27" S	036° 25' 24" W
ESF_10	10° 27' 25" S	036° 24' 34" W
ESF_14	10° 26' 31" S	036° 25' 11" W
ESF_18	10° 25' 33" S	036° 25' 42" W
ESF_21	10° 24' 45" S	036° 25' 58" W
ESF_22	10° 24' 22" S	036° 26' 20" W
ESF_23	10° 24' 02" S	036° 26' 32" W
ESF_25	10° 24' 48" S	036° 27' 06" W
ESF_26	10° 24' 08" S	036° 27' 20" W
ESF_27	10° 25' 08" S	036° 27' 46" W
ESF_28	10° 24' 31" S	036° 27' 49" W
ESF_30	10° 23' 54" S	036° 29' 11" W
ESF_31	10° 24' 53" S	036° 28' 14" W
ESF_32	10° 25' 39" S	036° 28' 13" W

## 2.4 - DATA E HORÁRIO DAS COLETAS DE DADOS

As datas e os horários de início e término das medições são apresentados no Quadro 2.

**Quadro 2 - Data e horário de início e fim de campanha de coleta de dados.**

		Início	Término
<b>Campanha 1</b>	Ponto fixo ESF 23	22/06/2017 05:32	22/06/2017 17:03
	Ponto fixo ESF 32	23/06/2017 05:28	23/06/2017 17:00
	Vazante 1	24/06/2017 05:32	24/06/2017 08:55
	Enchente 1	24/06/2017 11:48	24/06/2017 14:48
	Vazante 2	25/06/2017 05:46	25/06/2017 08:45
	Enchente 2	25/06/2017 12:13	25/06/2017 15:19
<b>Campanha 2</b>	Ponto fixo ESF 23	07/07/2017 05:00	07/07/2017 16:43
	Ponto fixo ESF 32	08/07/2017 04:41	08/07/2017 16:30
	Vazante 1	09/07/2017 05:04	09/07/2017 08:14
	Enchente 1	09/07/2017 11:06	09/07/2017 14:07
	Vazante 2	10/07/2017 05:36	10/07/2017 08:57
	Enchente 2	10/07/2017 11:47	10/07/2017 14:50

O tratamento dos dados foi realizado para remoção de dados espúrios e correção da declinação magnética.

A declinação magnética para a localização das estações e data de coleta foi obtida em <http://www.ngdc.noaa.gov/geomag-web/#declination>.

### 3 - RESULTADOS

Os resultados do monitoramento de corrente, temperatura e salinidade são apresentados por campanha.

Para as Estações fixas ESF 32 e ESF 23 são apresentados diagramas de vetores com direção e intensidade da corrente em 3 níveis na coluna de água, sendo: superfície, meia água e fundo; já para os perfis verticais de corrente, são apresentados por hora.

Nos monitoramentos longitudinais o diagrama de vetores apresenta a média da velocidade da corrente na coluna d'água, a projeção é efetuada sobre imagem de satélite na respectiva localização de cada estação. Os perfis verticais de corrente são apresentados por estação.

#### 3.1 - CAMPANHA 1

##### 3.1.1 - Ponto Fixo 32

Os pontos fixos equivalem a duas estações amostrais onde as variáveis, velocidade e direções de correntes, salinidade e temperatura são monitoradas em intervalos horários ao longo de um ciclo completo de maré e em camadas da coluna de água de no máximo 1m.

A Figura 4 e a Figura 8 apresentam os diagramas de vetores das correntes em superfície, meia água e fundo. Nestas figuras fica evidente que as maiores velocidades, para ambos os pontos, ocorrem no instante de meia maré e com velocidades máximas próximas a 1m/s. A atenuação das velocidades ao longo da coluna de água observada não é muito severa.

Já as Figura 5 e Figura 8, apresentam os perfis de velocidade ao longo da coluna d'água para o intervalo horário ao longo de todo o ciclo de maré, respectivamente para o ponto ESF 32 e ESF 23. Os Perfis horários de velocidades de corrente não sugerem uma estratificação da massa de água ao longo dessa campanha. As Figura 6, Figura 7 e Figura 10, Figura 11 apresentam os perfis de salinidade e temperaturas, ao longo do ciclo de maré para os dois pontos fixos. Nos dias nos quais as medições ocorreram não foram registrados incrementos na salinidade para ambos os pontos.

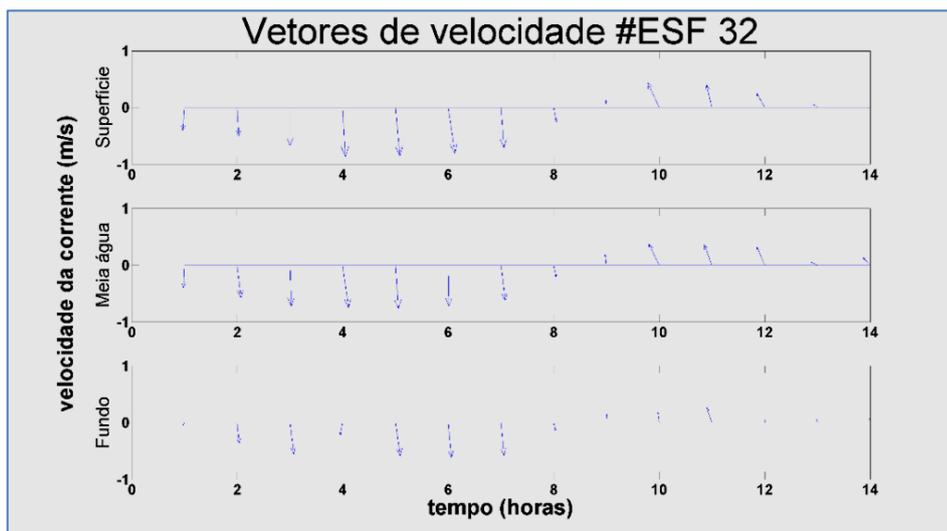


Figura 4 - Diagrama de vetores das correntes em superfície, meia água e fundo para a estação fixa ESF 32. Campanha 3 - 23/06/2017.

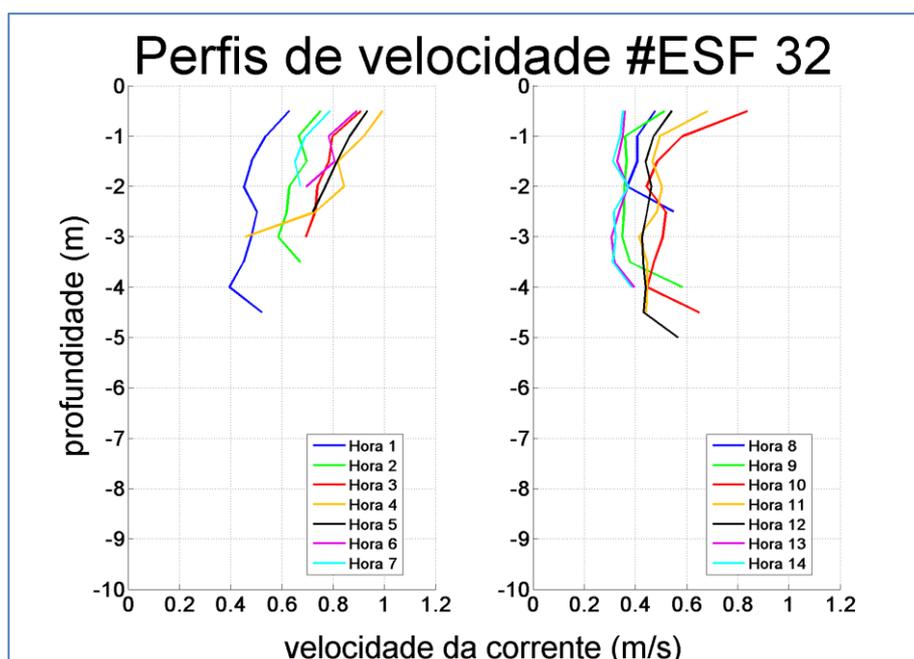
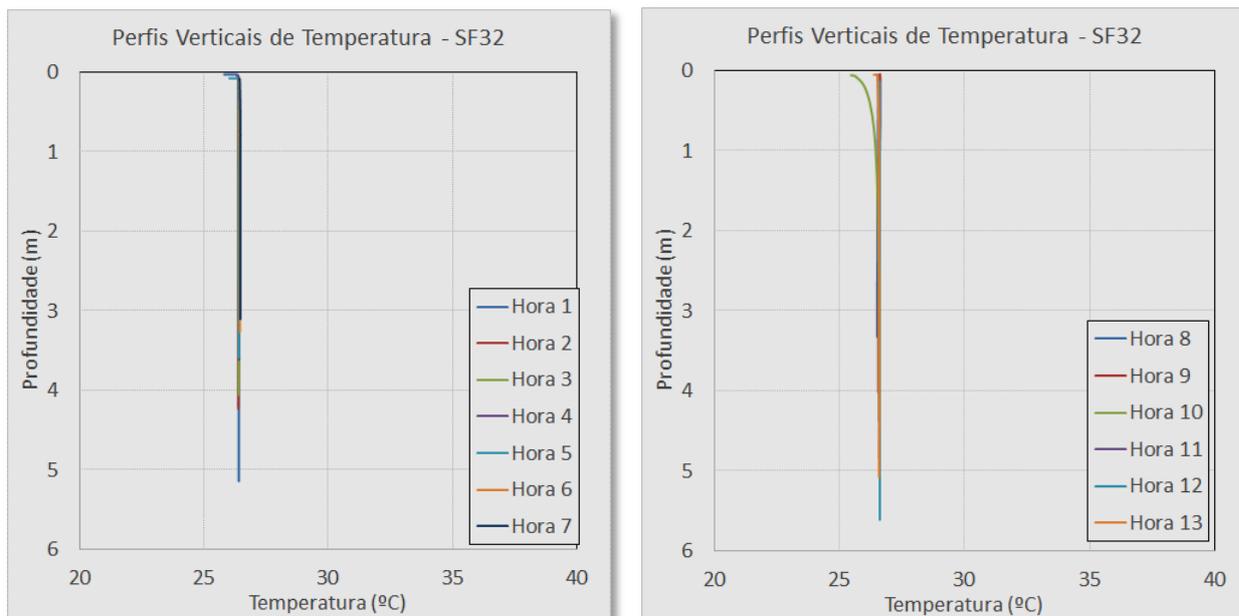


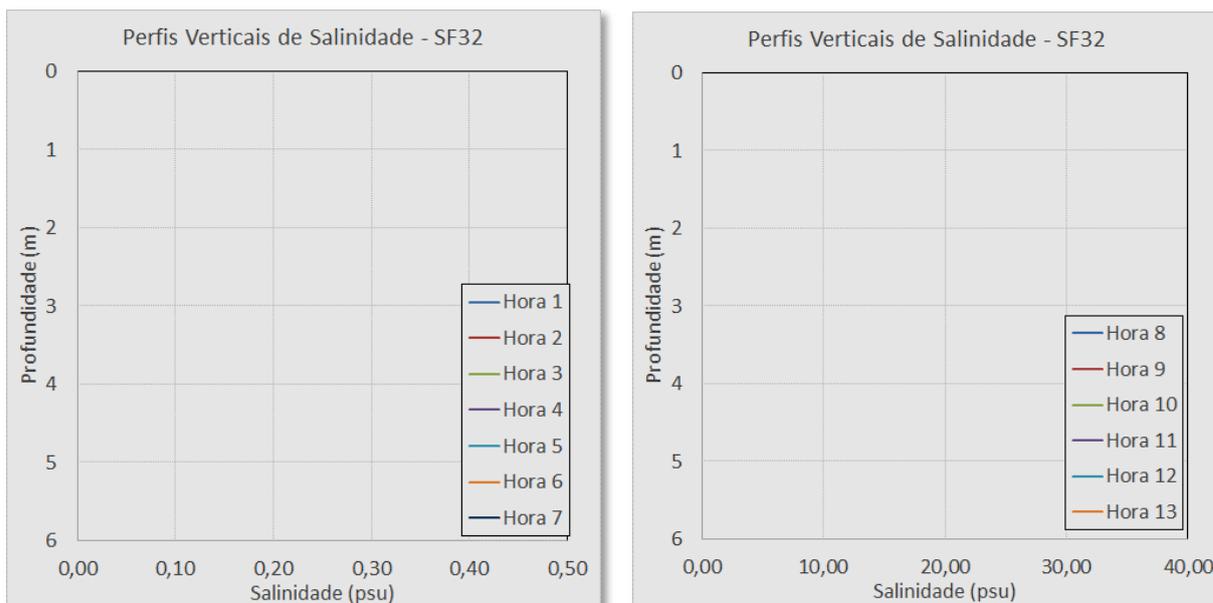
Figura 5 - Perfis verticais de velocidade de corrente na estação fixa ESF 32. Campanha 3 - 23/06/2017.

A variação da temperatura e ao longo da coluna de água, para a campanha 1, medição ponto fixo, período de 13 horas, é apresentada na Figura 6.



**Figura 6 - Perfis verticais de temperatura para a estação amostral fixa ESF 32. Campanha 1 - Vazante 23/06/2017.**

A variação da salinidade ao longo da coluna de água, para a campanha 1, medição ponto fixo, período de 13 horas é apresentada na Figura 7.



**Figura 7 - Perfis verticais de salinidade para a estação amostral fixa ESF 32. Campanha 1 - 23/06/2017. Resolução CONAMA 357/2005 (I - águas doces: águas com salinidade igual ou inferior a 0,5 ‰).**

### 3.1.2 - Ponto Fixo 23

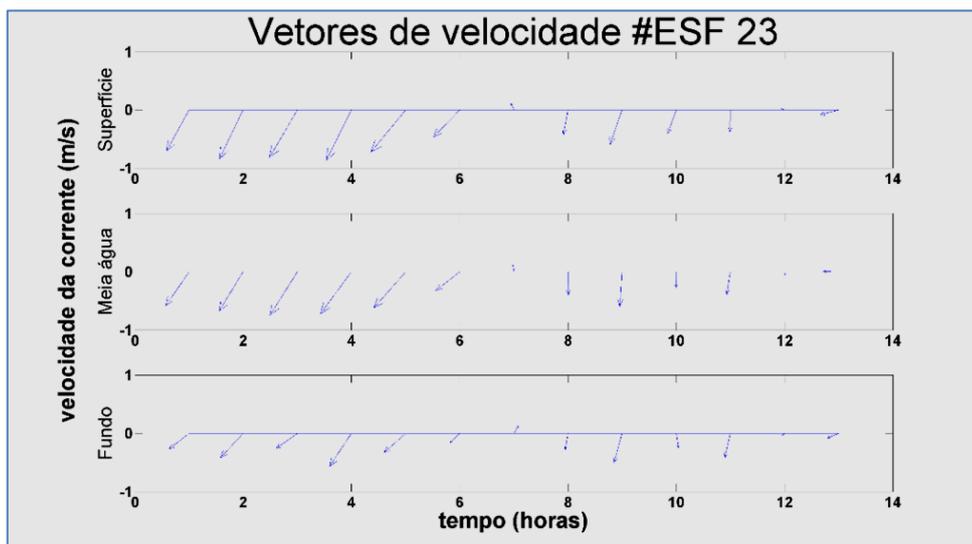


Figura 8 - Diagrama de vetores das correntes em superfície, meia água e fundo para a estação fixa ESF 23. Campanha 3 - 22/06/2017.

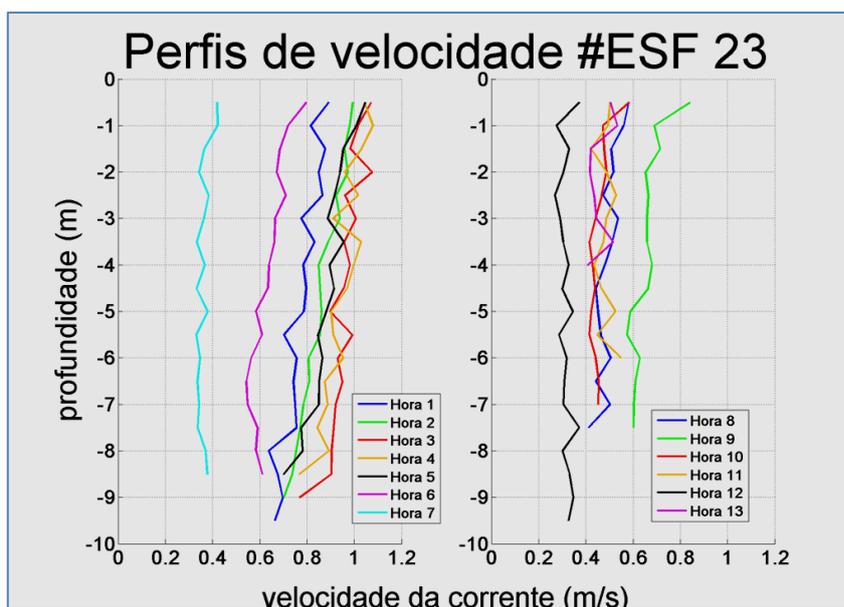
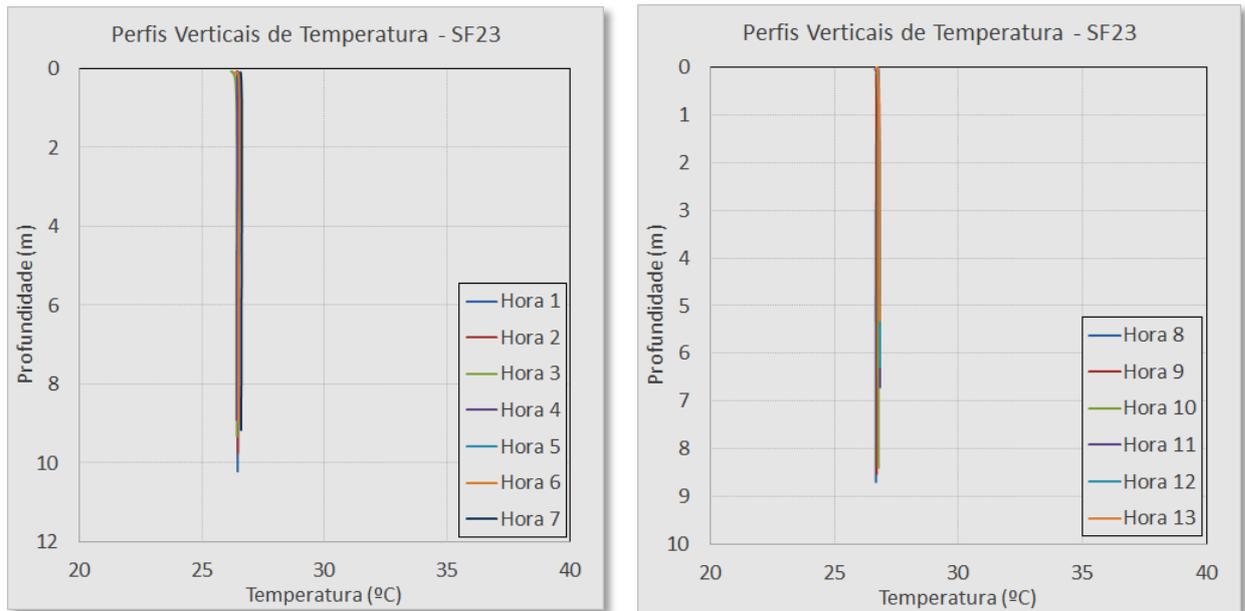


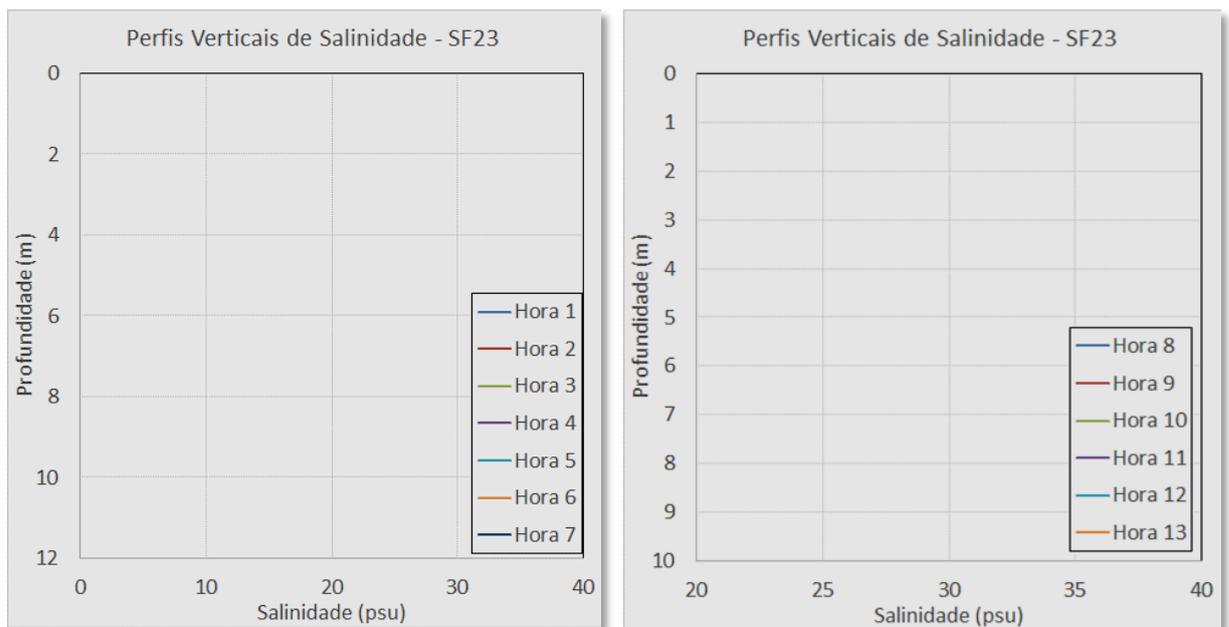
Figura 9 - Perfis verticais de velocidade de corrente na estação fixa ESF 23. Campanha 3 - 22/06/2017.

A variação da temperatura e ao longo da coluna de água, para a campanha 1, medição ponto fixo, período de 13 horas, é apresentada na Figura 10.



**Figura 10 - Perfis verticais de temperatura para a estação amostral fixa ESF 23. Campanha 1 - Vazante 22/06/2017.**

A variação da salinidade ao longo da coluna de água, para a campanha 1, medição ponto fixo, período de 13 horas, é apresentada na Figura 11.



**Figura 11 - Perfis verticais de salinidade para a estação amostral fixa ESF 23. Campanha 1 - Vazante 22/06/2017. Resolução CONAMA 357/2005 (I - águas doces: águas com salinidade igual ou inferior a 0,5 ‰).**

### 3.1.3 - Medição Longitudinal

As medições longitudinais tiveram como objetivo registrar as variações espaço temporais das velocidades e direções de corrente, perfis de salinidade e temperatura. Estas medições ocorreram ao longo de dois dias, nos períodos de marés de vazante em enchente. A Figura 16 e a Figura 20 representam a média vertical para cada ponto amostral, na superfície e fundo. Nestas figuras fica evidente que as direções de correntes médias são bem variadas, no entanto o vetor resultante, na maioria dos pontos, está orientado no sentido da vazante do estuário, o que é uma marca dos efeitos das descargas fluviais atuante.

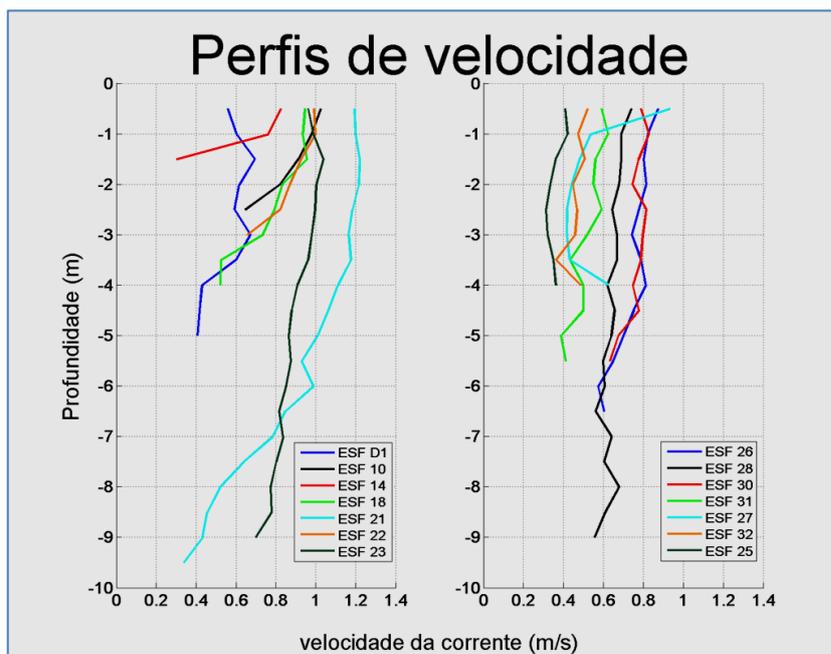
Na Figura 13, Figura 14 e Figura 15, constam os perfis de velocidade, temperatura e de salinidade durante o período de vazante, já a Figura 17, a Figura 18 e a Figura 19 apresentam os perfis de velocidade, temperatura e de salinidade durante o período de enchente. Os resultados apresentados para estas campanhas sugerem que os pontos ESFD01, ESF10, ESF14, ESF18 e ESF21 estão sujeitos a um incremento de salinidade sendo que a maior salinidade foi registrada no ESFD01 com valor de 26 psu.

Em sequencia, na Figura 20 até a Figura 27, os resultados apresentados para o primeiro dia se repetem, com destaque ao resultado de salinidade, onde o valor registrado para o ESFD01 foi de 28 psu.

#### 3.1.3.1 - Vazante 1

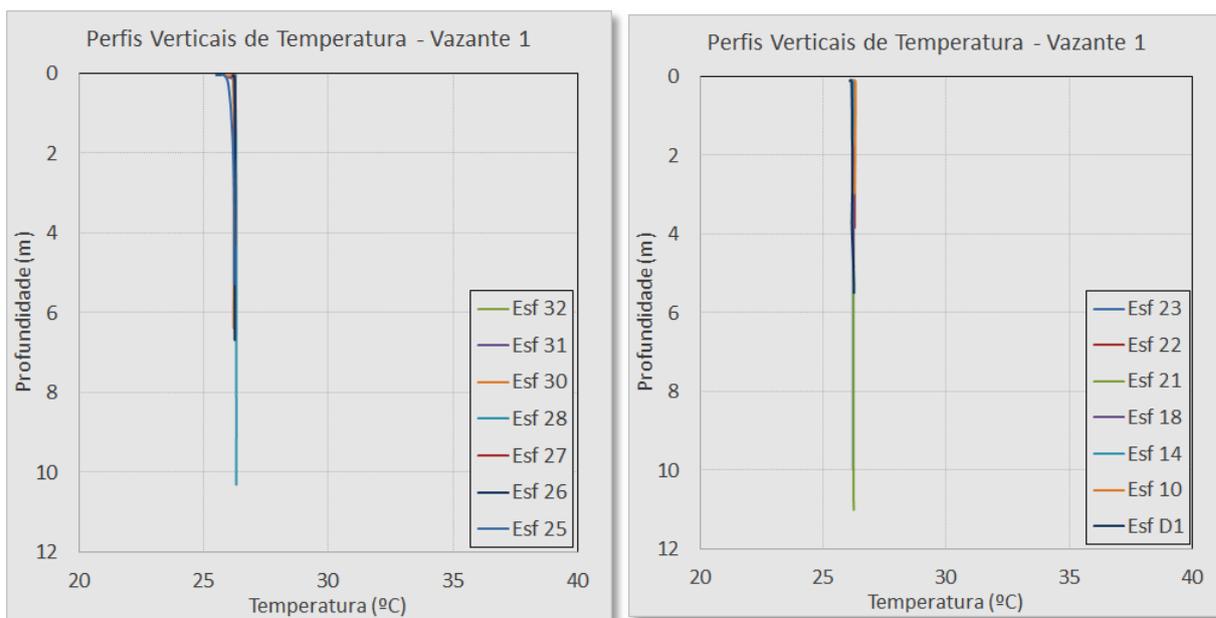


**Figura 12 - Média vertical da velocidade e direção da corrente em cada estação amostral. Campanha 3 - Vazante 1 - 24/06/2017.**



**Figura 13 - Perfis verticais de velocidade de corrente para as estações amostrais em período de maré vazante. Campanha 3 - Vazante 1 - 24/06/2017.**

A variação da temperatura e ao longo da coluna de água, para a campanha 1, medição longitudinal, período de vazante, é apresentada na Figura 14.



**Figura 14 - Perfis verticais de temperatura para as estações amostrais. Campanha 1 - Vazante 24/06/2017.**

A variação da salinidade ao longo da coluna de água, para a campanha 1, medição

longitudinal, período de vazante, é apresentada na Figura 15.

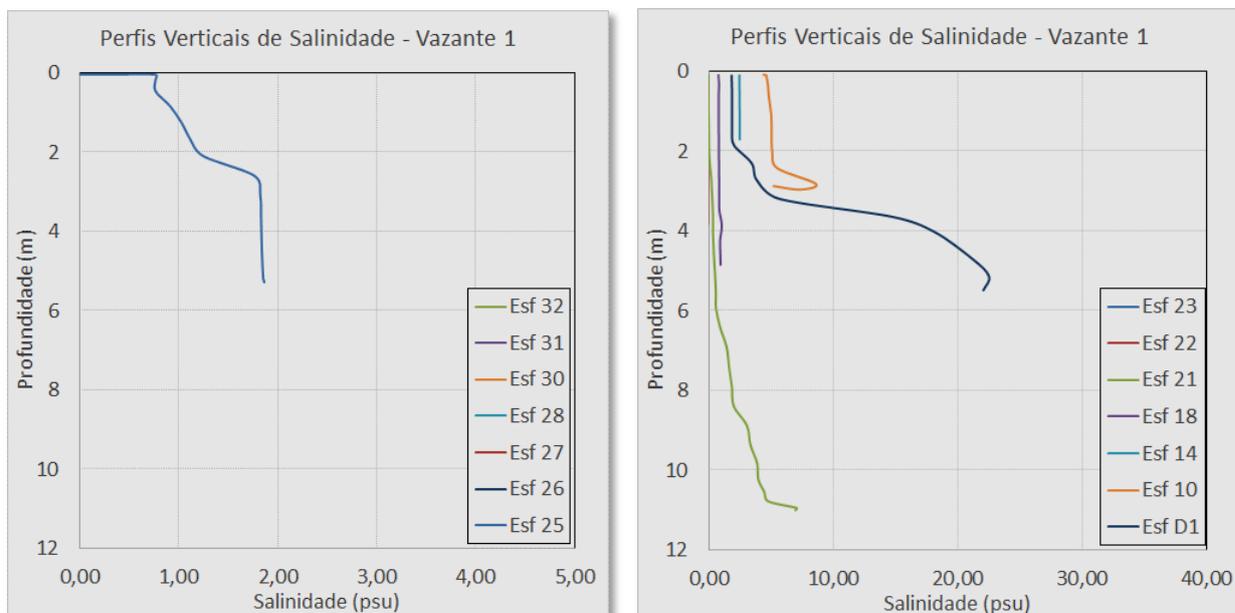
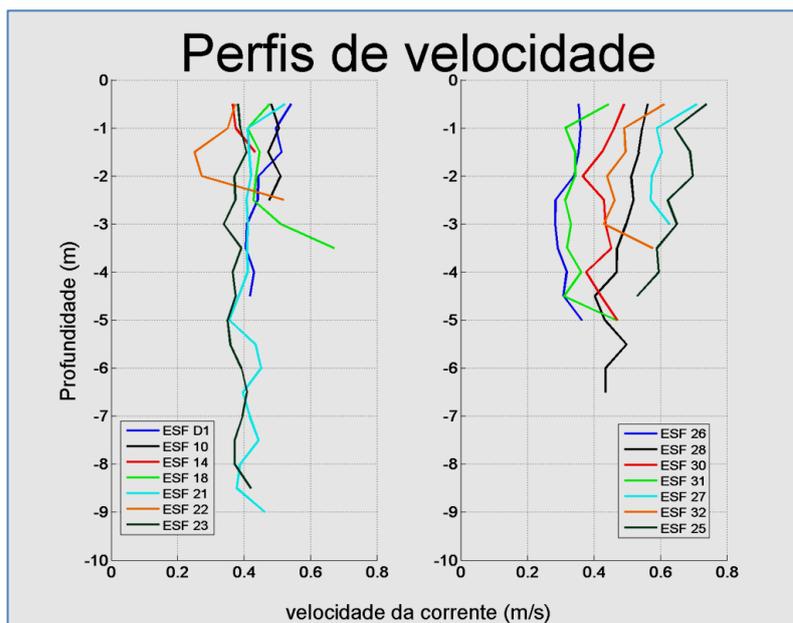


Figura 15 - Perfis verticais de salinidade para as estações amostrais. Campanha 1 - 24/06/2017. CONAMA 357/2005 (I - águas doces: águas com salinidade igual ou inferior a 0,5 ‰).

### 3.1.3.2 - Enchente

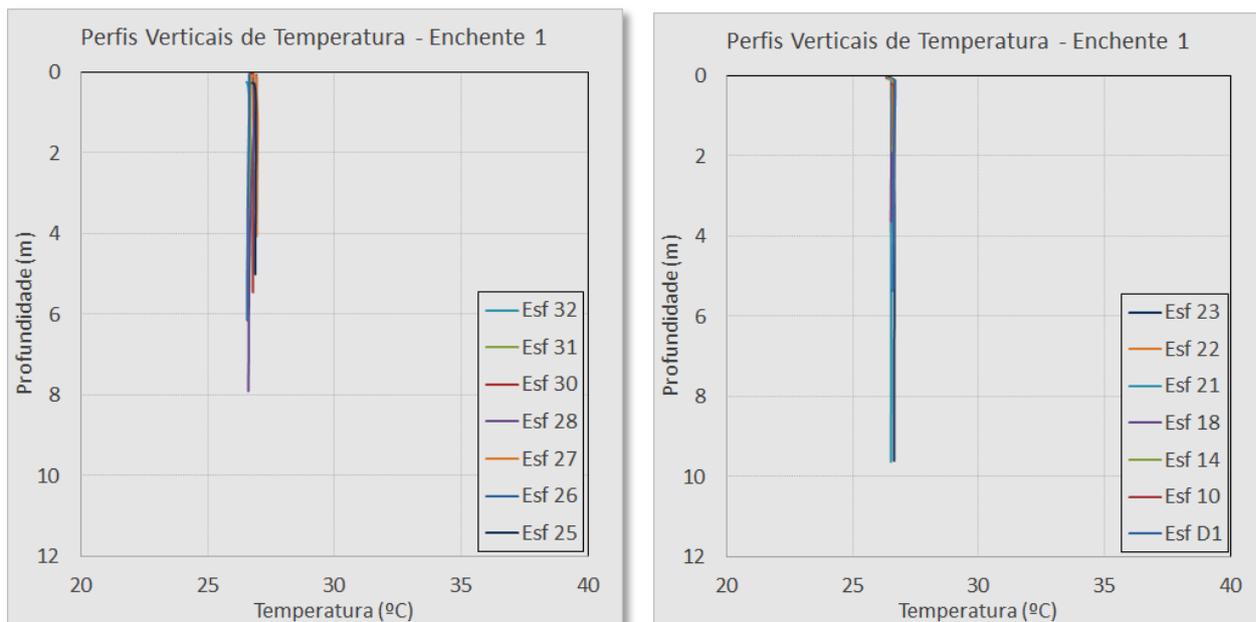


Figura 16 - Média vertical da velocidade e direção da corrente em cada estação amostral. Campanha 3 - Enchente 1 - 24/06/2017.



**Figura 17 - Perfis verticais de velocidade de corrente para as estações amostrais em período de maré enchente. Campanha 3 - Enchente 1 - 24/06/2017.**

A variação da temperatura e ao longo da coluna de água, para a campanha 1, medição longitudinal, período de enchente, é apresentada na Figura 18.



**Figura 18 - Perfis verticais de temperatura para as estações amostrais. Campanha 1 - Enchente 24/06/2017.**

A variação da salinidade ao longo da coluna de água, para a campanha 1, medição longitudinal, período de enchente, é apresentada na Figura 19.

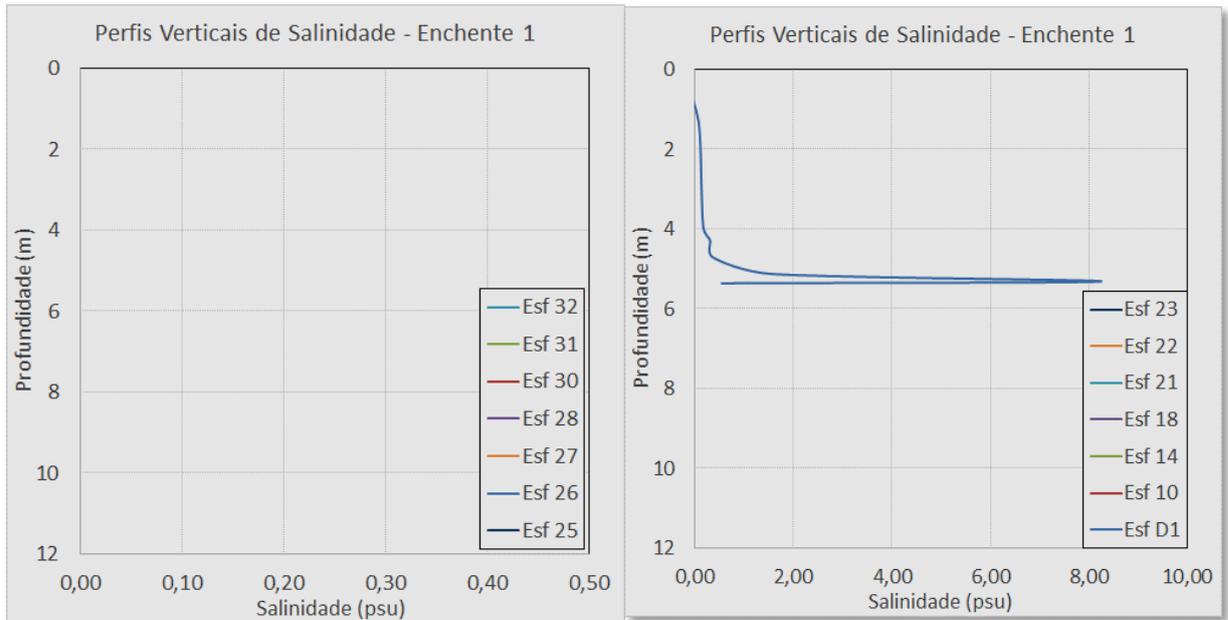


Figura 19 - Perfis verticais de salinidade para as estações amostrais. Campanha 1 - 27/05/2017. Enchente 24/06/2017. Resolução CONAMA 357/2005 (I - águas doces: águas com salinidade igual ou inferior a 0,5 ‰).

### 3.1.3.3 - Vazante 2

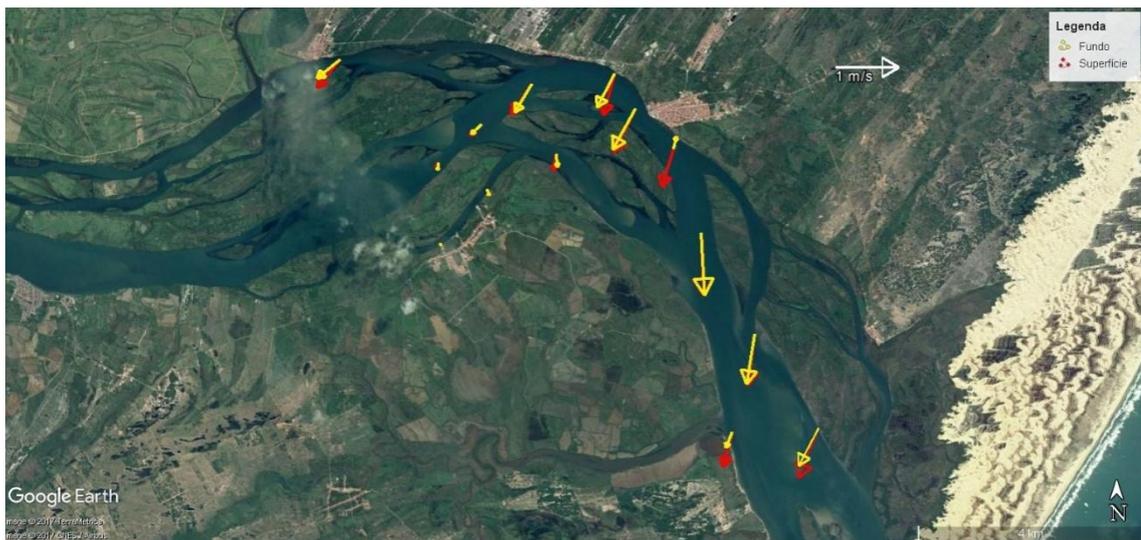
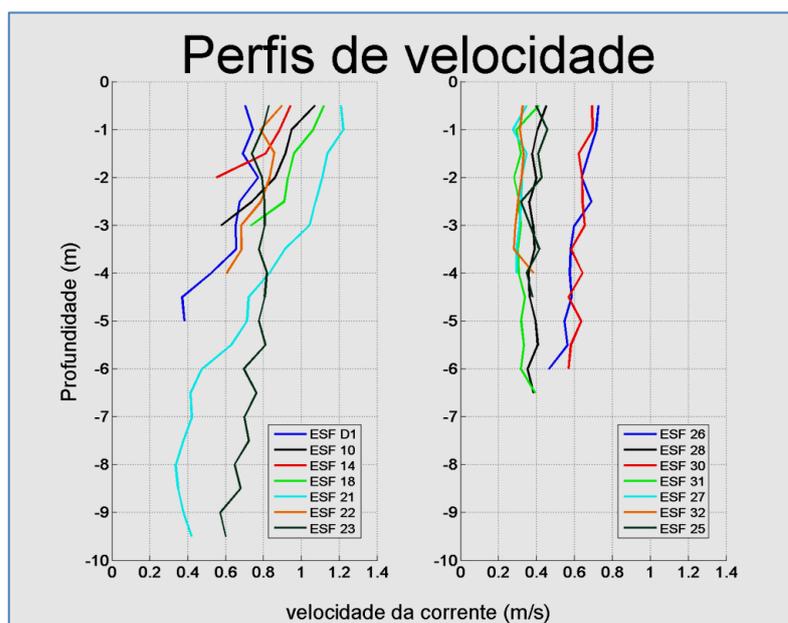
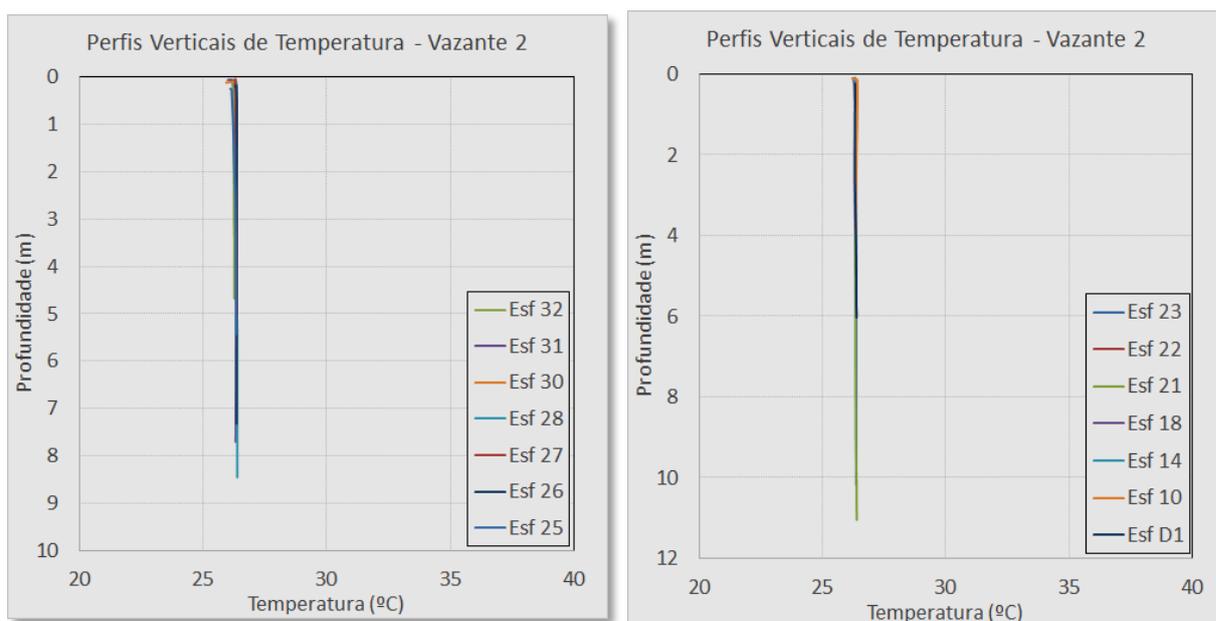


Figura 20 - Média vertical da velocidade e direção da corrente em cada estação amostral. Campanha 3 - Vazante 2 - 25/06/2017.



**Figura 21 - Perfis verticais de velocidade de corrente para as estações amostrais em período de maré vazante. Campanha 3 - Vazante 2 - 25/06/2017.**

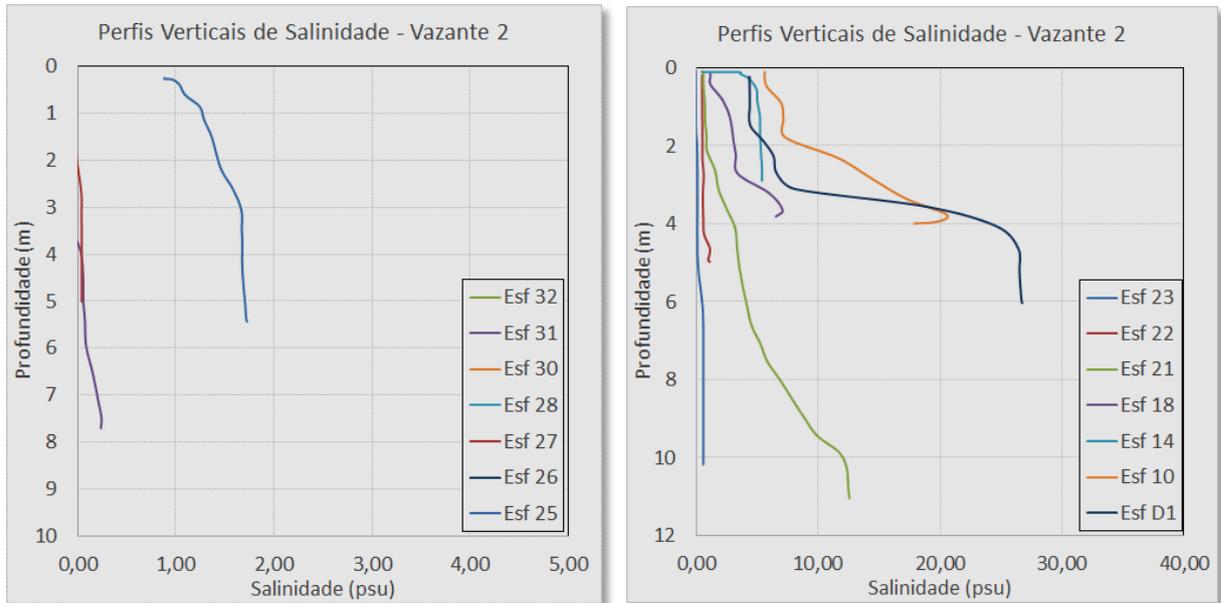
A variação da temperatura e ao longo da coluna de água, para a campanha 1, medição longitudinal, período de vazante 2, é apresentada na Figura 22.



**Figura 22 - Perfis verticais de temperatura para as estações amostrais. Campanha 1 - Vazante 2 - 25/06/2017.**

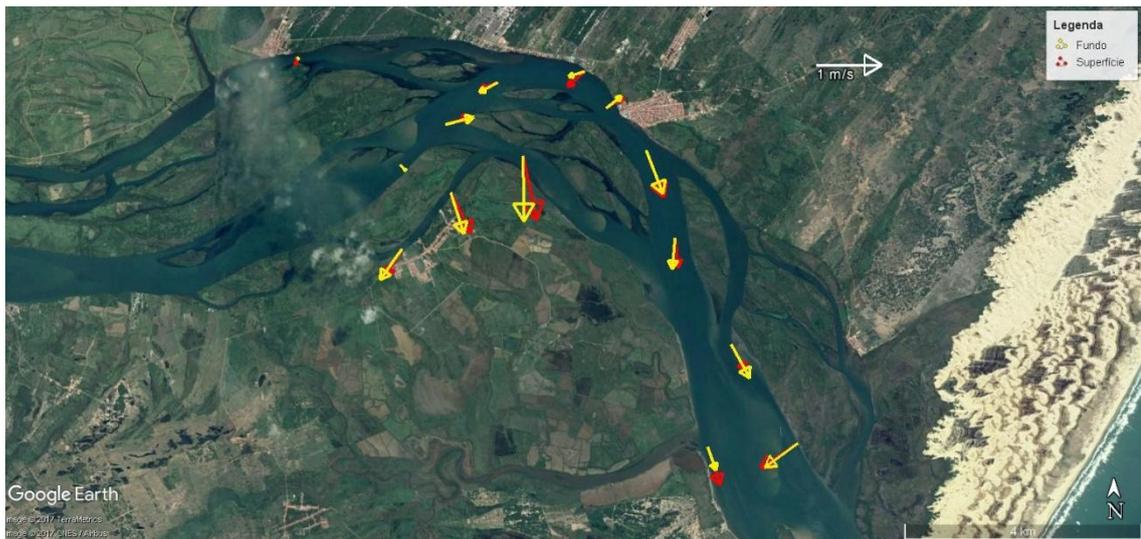
A variação da salinidade ao longo da coluna de água, para a campanha 1, medição

longitudinal, período de vazante 2, é apresentada na Figura 23.

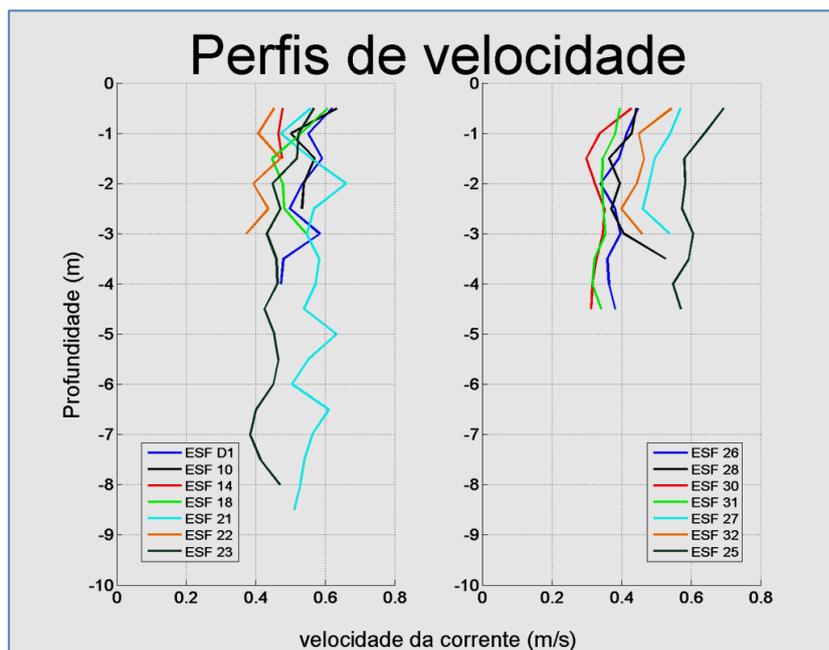


**Figura 23 - Perfis verticais de salinidade para as estações amostrais. Campanha 1 - Vazante 2 - 25/06/2017. Resolução CONAMA 357/2005 (I - águas doces: águas com salinidade igual ou inferior a 0,5 ‰).**

### 3.1.3.4 - Enchente 2

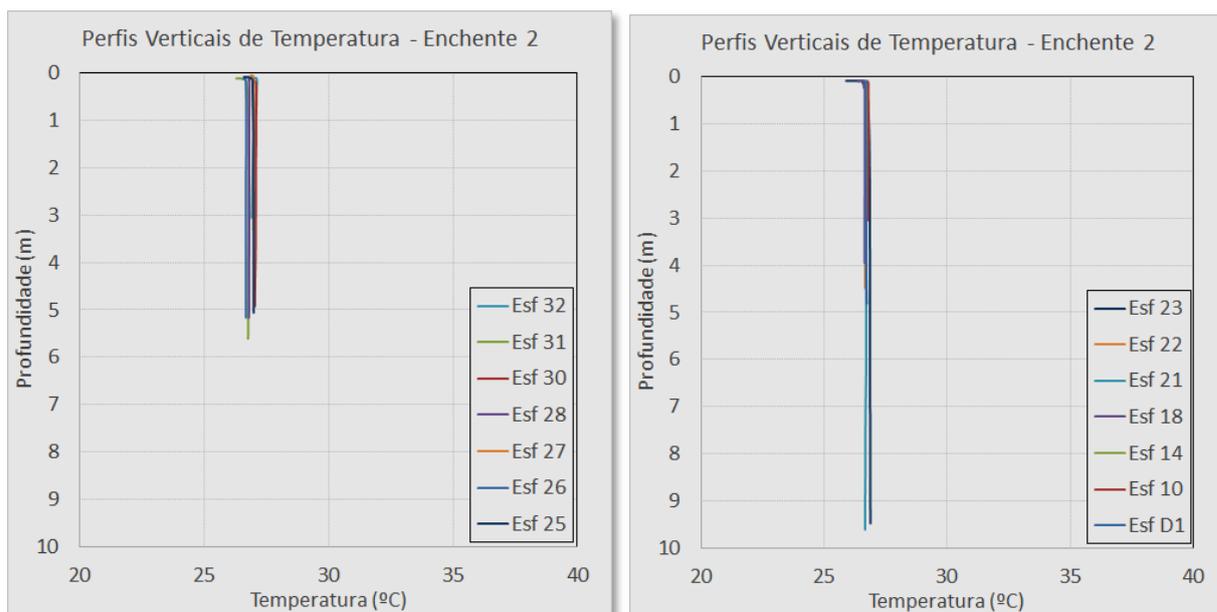


**Figura 24 - Média vertical da velocidade e direção da corrente em cada estação amostral. Campanha 3 - Enchente 2 - 25/06/2017.**



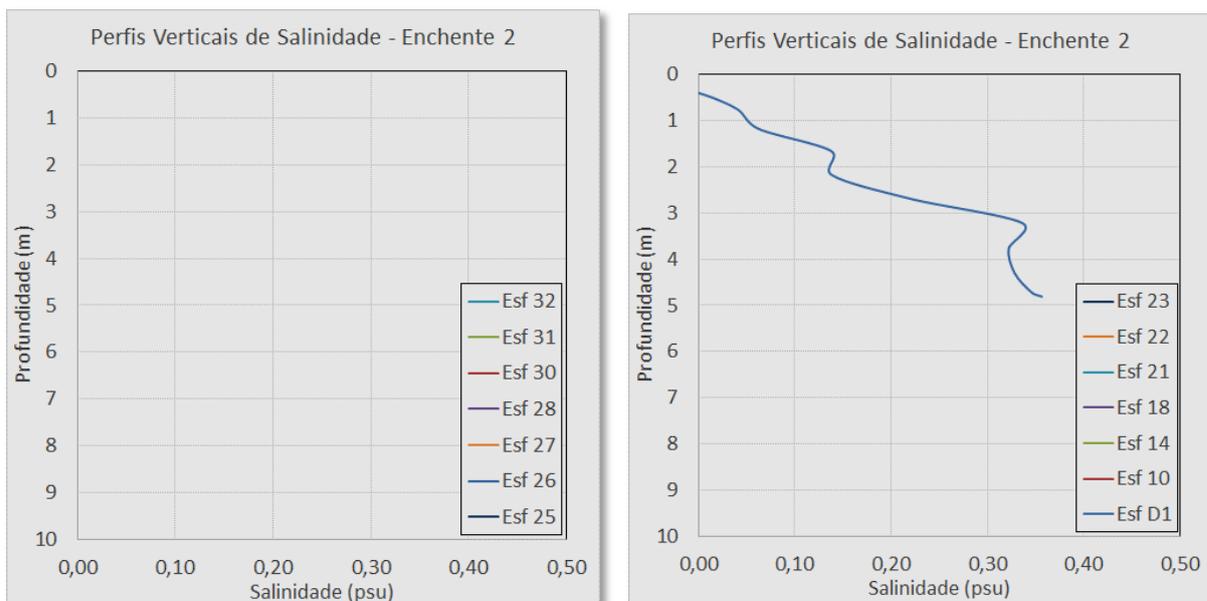
**Figura 25 - Perfis verticais de velocidade de corrente para as estações amostrais em período de maré enchente. Campanha 3 - Enchente 2 - 25/06/2017.**

A variação da temperatura e ao longo da coluna de água, para a campanha 1, medição longitudinal, período de enchente 2, é apresentada na Figura 26.



**Figura 26 - Perfis verticais de temperatura para as estações amostrais. Campanha 1 - Enchente 2 - 25/06/2017.**

A variação da salinidade ao longo da coluna de água, para a campanha 1, medição longitudinal, período de vazante 2, é apresentada na Figura 27.



**Figura 27 - Perfis verticais de salinidade para as estações amostrais. Campanha 1 - Enchente 2 - 25/06/2017. Resolução CONAMA 357/2005 (I - águas doces: águas com salinidade igual ou inferior a 0,5 ‰).**

### 3.2 - CAMPANHA 2

A campanha 2 ocorreu com o mesmo rigor da campanha 1 e método análogo. Esta campanha também foi desenvolvida ao longo do período de maré de sizígia, com intuito de registrar as maiores amplitudes de marés.

Tal como na primeira campanha, os pontos fixos equivalem a duas estações amostrais onde as variáveis velocidade e direção de corrente, salinidade e temperatura são monitoradas em intervalos horários ao longo de um ciclo completo de maré e em camadas da coluna de água de no máximo 1m.

A Figura 28 e a Figura 32 apresentam os diagramas de vetores das correntes em superfície, meia água e fundo. Nestas, fica evidente que as maiores velocidades, para ambos os pontos, ocorrem no instante de meia maré e com velocidades máximas próximas a 1m/s, tal como na primeira campanha.

Já a Figura 29 e a Figura 33, apresentam os perfis de velocidade ao longo da coluna d'água para o intervalo horário, ao longo de todo o ciclo de maré, respectivamente para o ponto ESF 32 e ESF 23. Os Perfis horários de velocidades de corrente não sugerem uma estratificação da massa de água ao longo dessa campanha. A Figura 30, Figura 31, Figura 34 e Figura 35 apresentam os perfis de salinidade e temperaturas, ao longo do ciclo de maré

para os dois pontos fixos. Nos dias os quais as medições ocorreram não foram registrados incrementos na salinidade para ambos os pontos, o mesmo observado na primeira campanha.

### 3.2.1 - Ponto Fixo 32

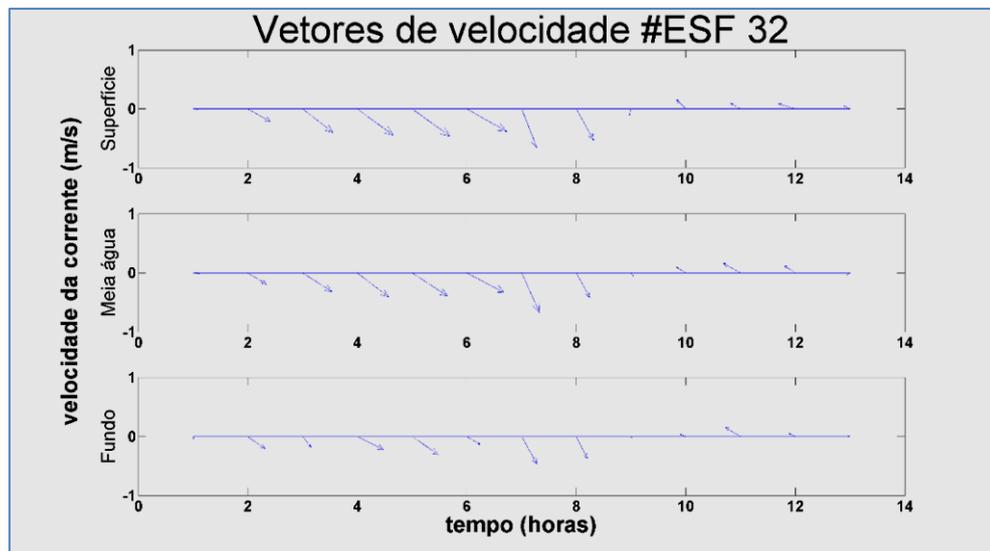
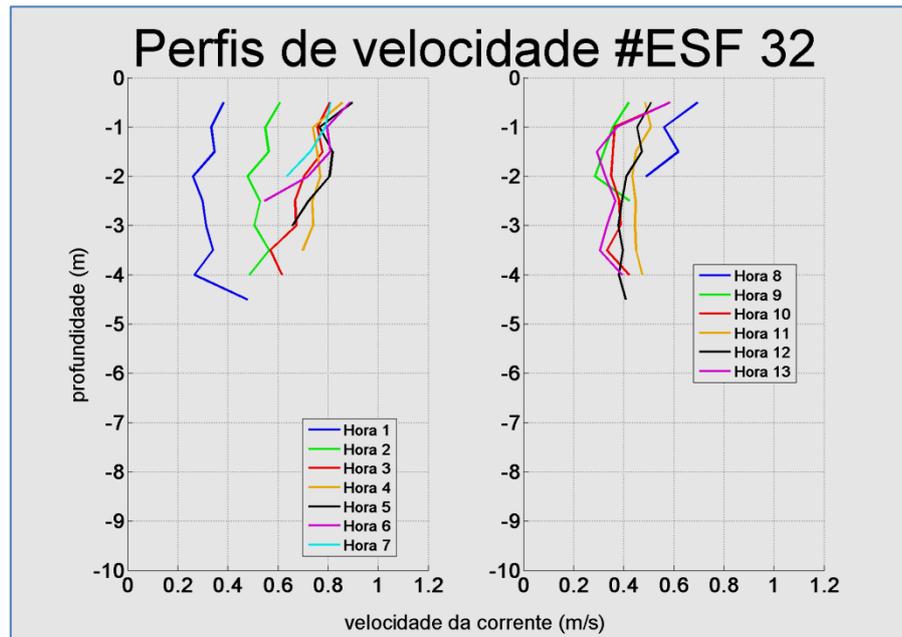
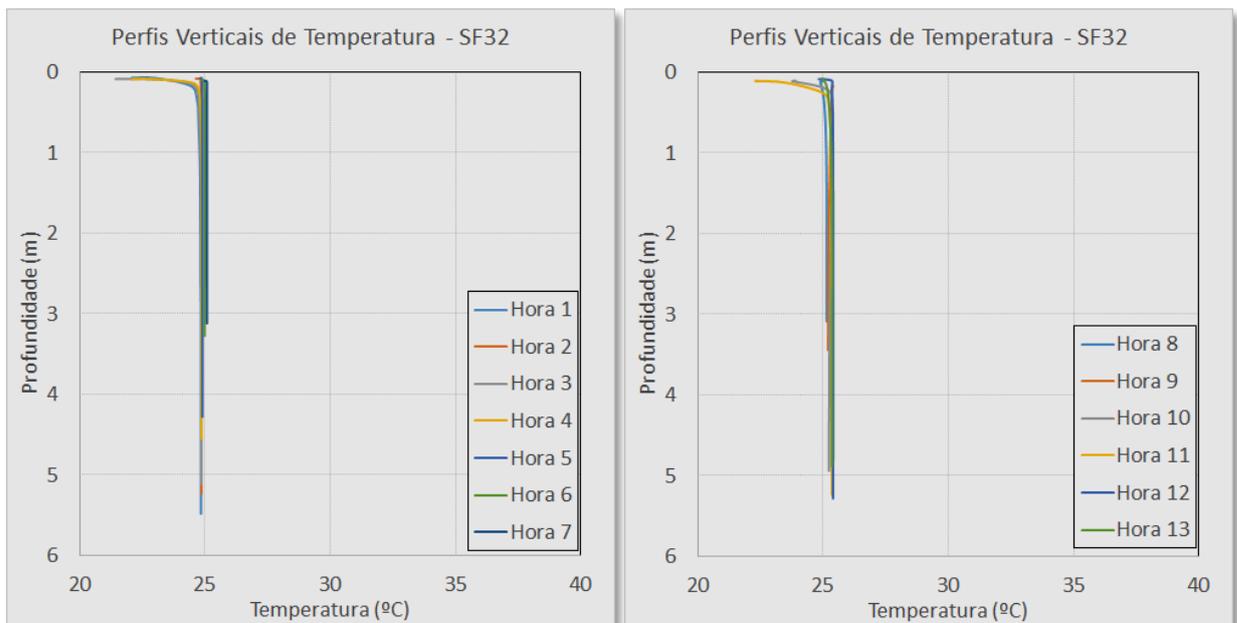


Figura 28 - Diagrama de vetores das correntes em superfície, meia água e fundo para a estação fixa ESF 32. Campanha 4 - 08/07/2017.



**Figura 29 - Perfis verticais de velocidade de corrente na estação fixa ESF 32. Campanha 4 - 08/07/2017.**

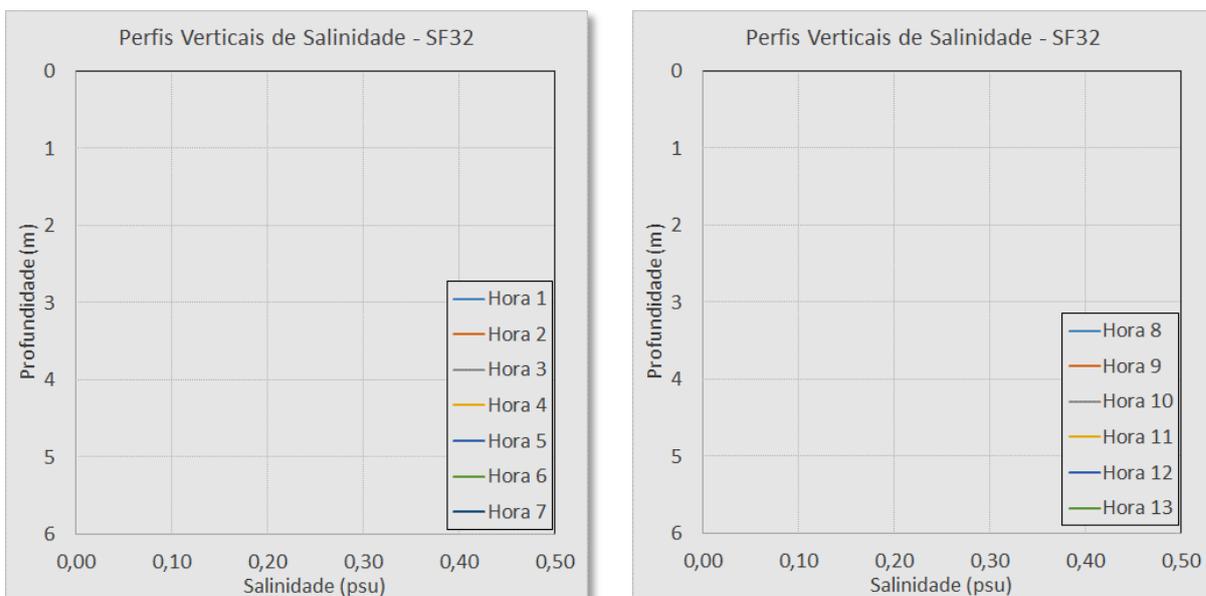
A variação horária de temperatura ao longo da coluna de água, para a campanha 2, estação fixa ESF\_32, é apresentada na Figura 30.



**Figura 30 - Perfis verticais de temperatura para a estação fixa ESF\_32. Campanha 2 - 12 horas - data: Campanha 2 - 08/07/2017.**

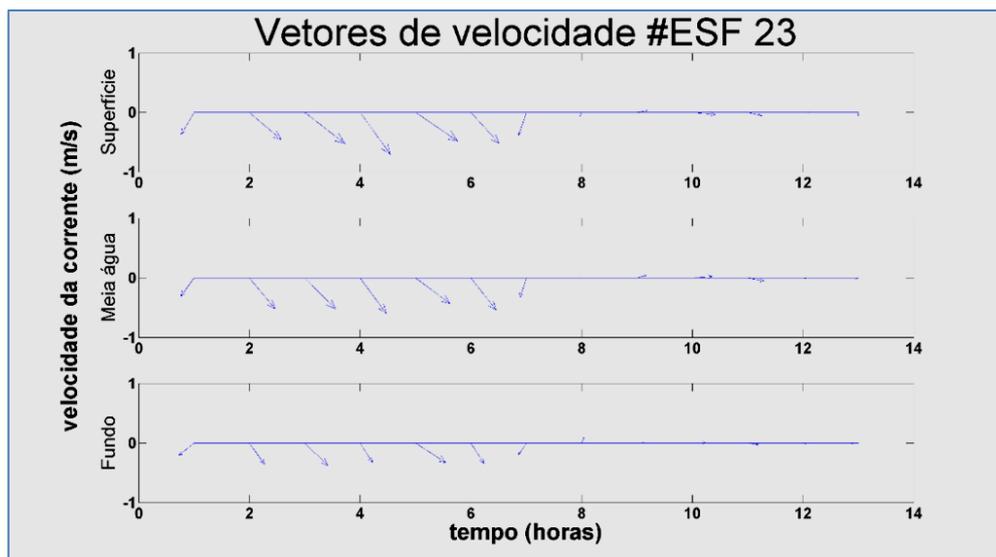
A variação horária de salinidade ao longo da coluna de água, para a campanha 2, estação

fixa ESF\_32, é apresentada na Figura 31.

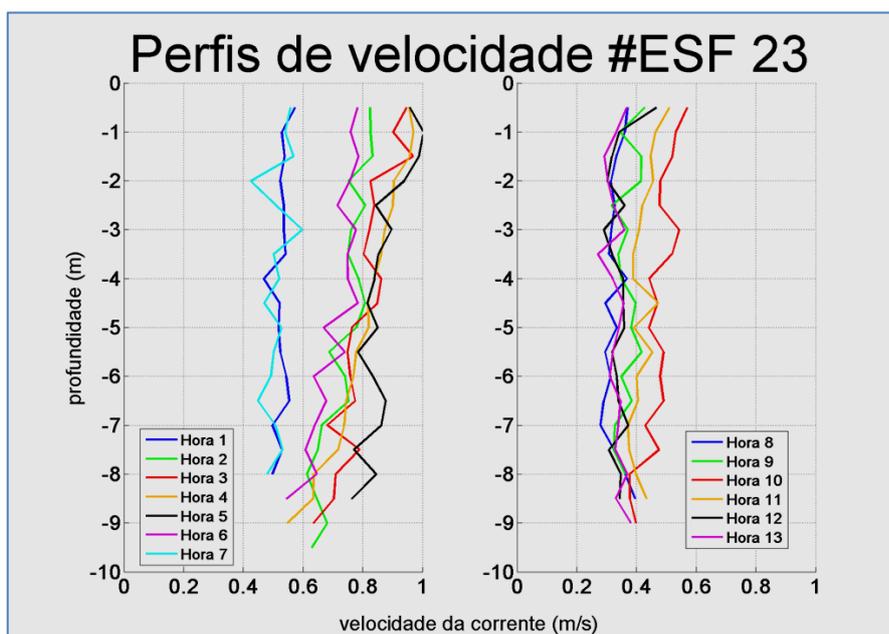


**Figura 31 - Perfis verticais de salinidade na estação fixa ESF\_32. Campanha 2 08/07/2017. Resolução CONAMA 357/2005 (I - águas doces: águas com salinidade igual ou inferior a 0,5 ‰).**

### 3.2.2 - Ponto Fixo 23

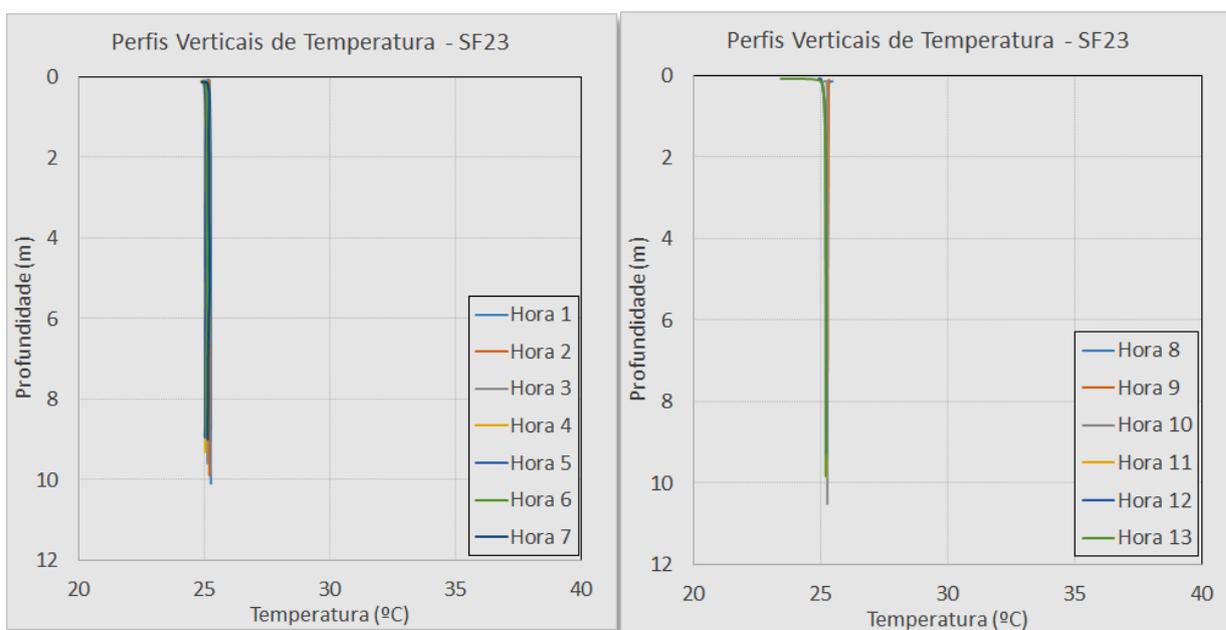


**Figura 32 - Diagrama de vetores das correntes em superfície, meia água e fundo para a estação fixa ESF 23. Campanha 4 - 07/07/2017.**



**Figura 33 - Perfis verticais de velocidade de corrente na estação fixa ESF 23. Campanha 4 - 07/07/2017.**

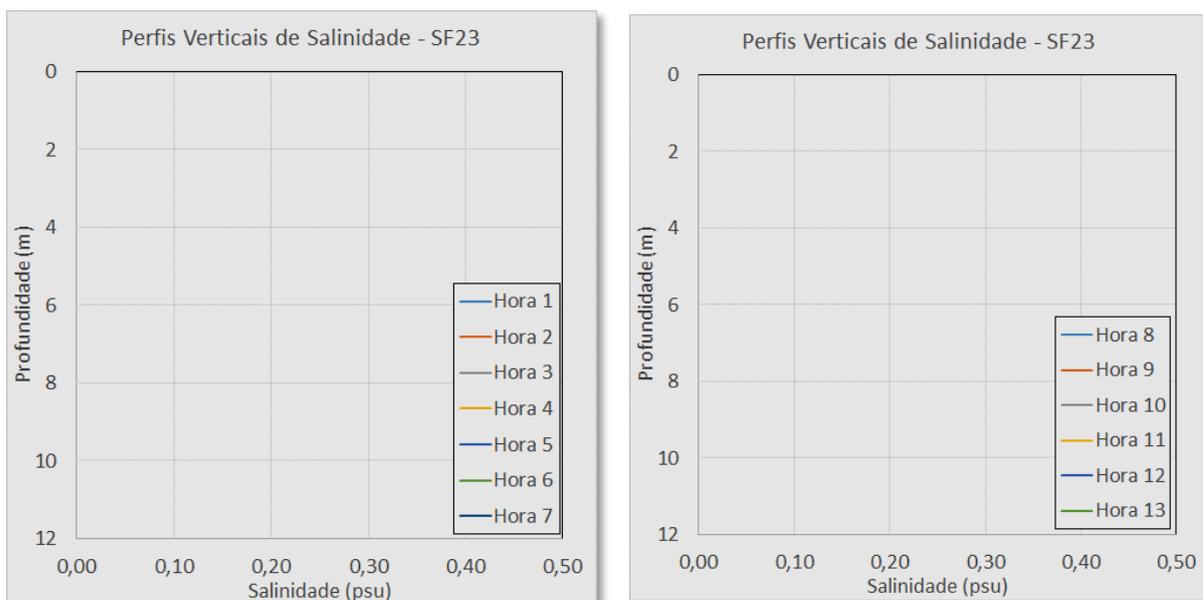
A variação horária de temperatura ao longo da coluna de água, para a campanha 2, estação fixa ESF\_23, é apresentada na Figura 34.



**Figura 34 - Perfis verticais de temperatura para a estação fixa na estação fixa ESF 23. Campanha 2 - 07/07/2017.**

A variação horária de temperatura ao longo da coluna de água, para a campanha 2, estação

fixa ESF\_23, é apresentada na Figura 35.



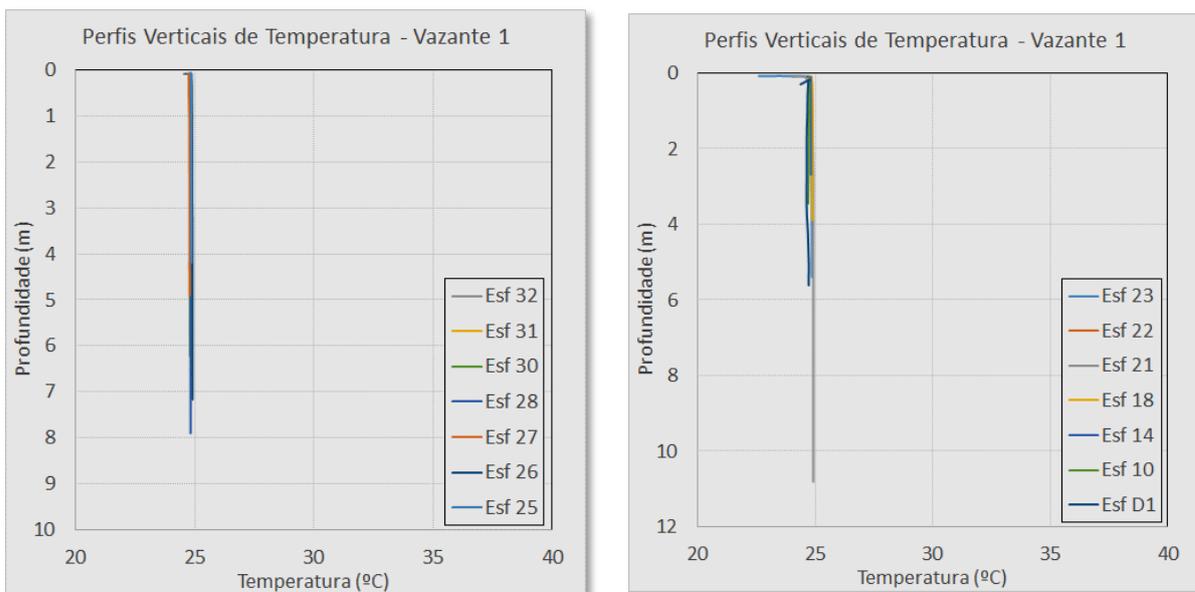
**Figura 35 - Perfis verticais de salinidade na estação fixa ESF 23 Campanha 2 - 07/07/2017. Resolução CONAMA 357/2005 (I - águas doces: águas com salinidade igual ou inferior a 0,5 ‰).**

### 3.2.3 - Medição Longitudinal

Também na segunda campanha foram executadas as medições longitudinais, com os mesmos objetivos de registrar as variações espaço temporais das velocidades e direções de corrente, perfis de salinidade e temperatura. Estas medições ocorreram ao longo de dois dias, nos períodos de marés de vazante em enchente. A Figura 36 e a Figura 40 representam a média vertical para cada ponto amostral, na superfície e fundo. Diferente da primeira campanha o vetor resultante, na maioria dos pontos, está orientado no sentido da enchente do estuário, o que pode ser um registro das altas intensidades das velocidades de corrente de enchente para este período.

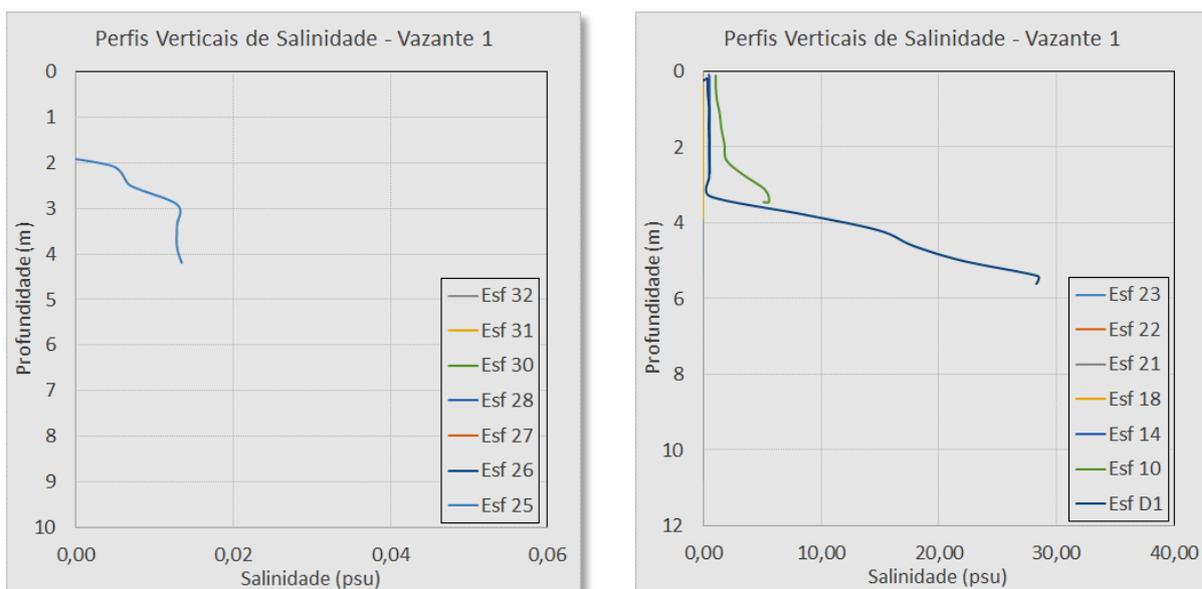
Na Figura 41, Figura 42 e Figura 43 constam, respectivamente, os perfis de velocidade, temperatura e de salinidade durante o período de vazante, já na Figura 45, Figura 46 e Figura 47, estão apresentados os perfis de velocidade, temperatura e de salinidade durante o período de enchente. No primeiro dia da segunda campanha os únicos pontos que apresentaram incremento na concentração de saias foram ESFD01, ESF10 com máximo de 23 psu para o ESFD01. No conjunto composto pela Figura 44 até a Figura 51 são apresentados os mesmos registros apresentados no primeiro dia de campanha, com





**Figura 38 - Perfis verticais de temperatura para as estações amostrais. Campanha 2 - Vazante 09/07/2017.**

A variação da salinidade ao longo da coluna de água, para a campanha 2, medição longitudinal, período de vazante, é apresentada na Figura 39.



**Figura 39 - Perfis verticais de salinidade para as estações amostrais. Campanha 2 - Vazante 09/07/2017.**

### 3.2.3.2 - Enchente 1

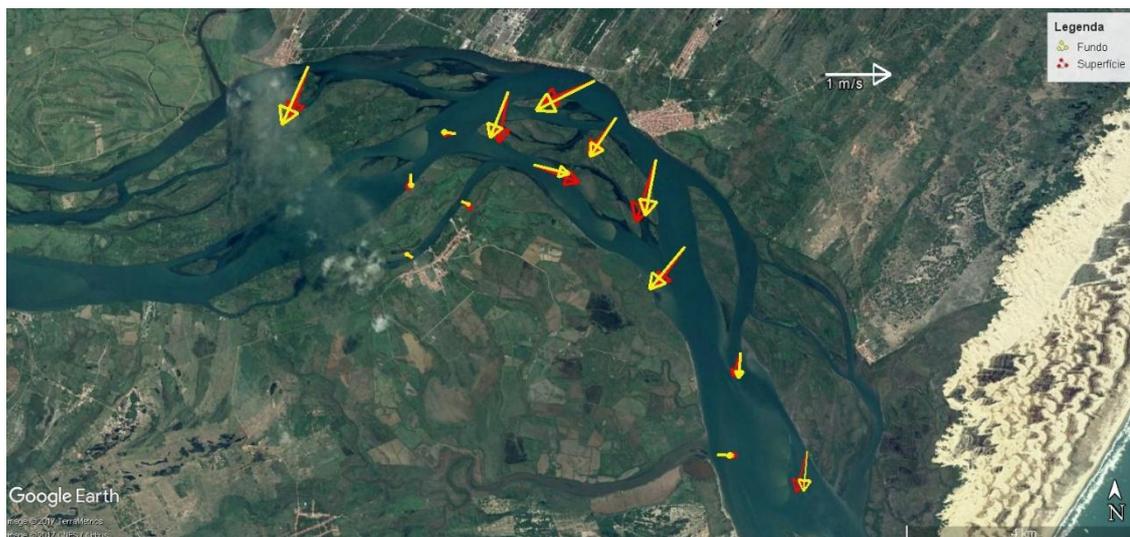


Figura 40 - Média vertical da velocidade e direção da corrente em cada estação amostral. Campanha 4 - Enchente 1 - 09/07/2017.

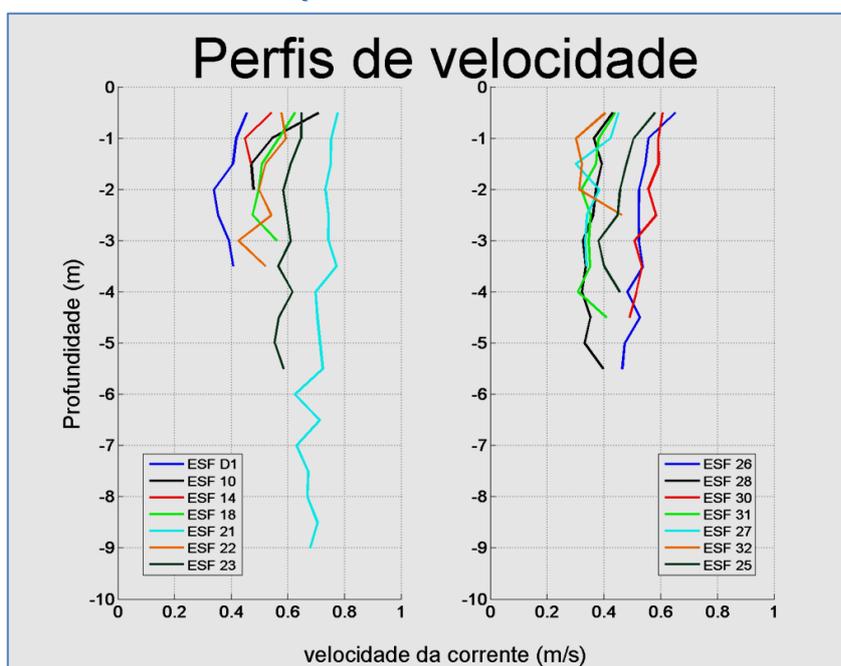
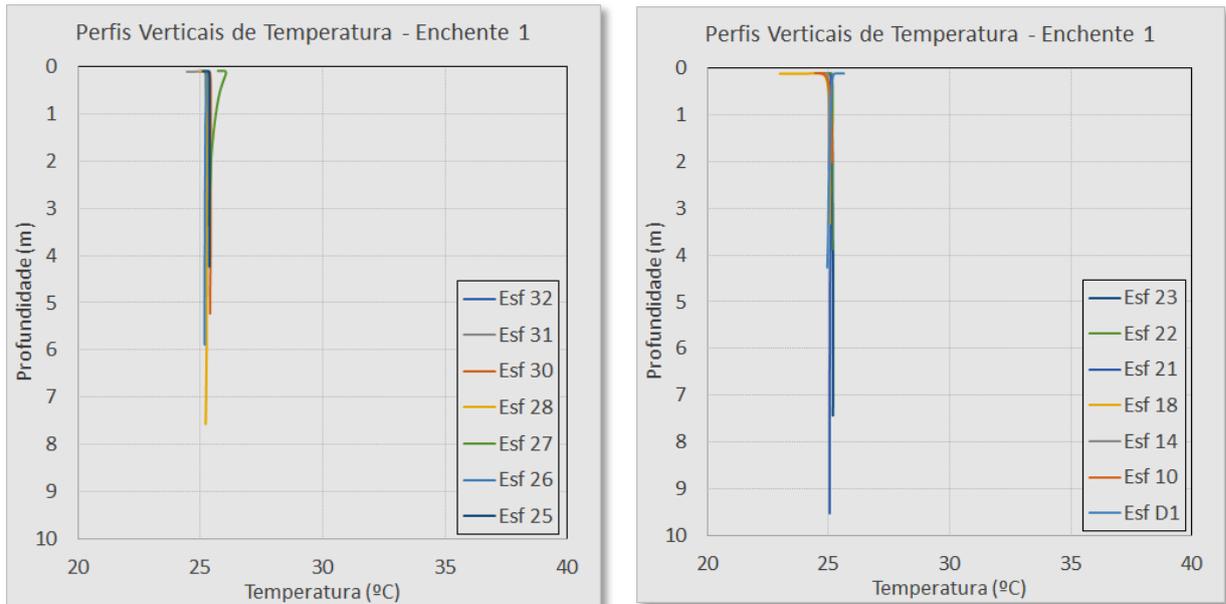


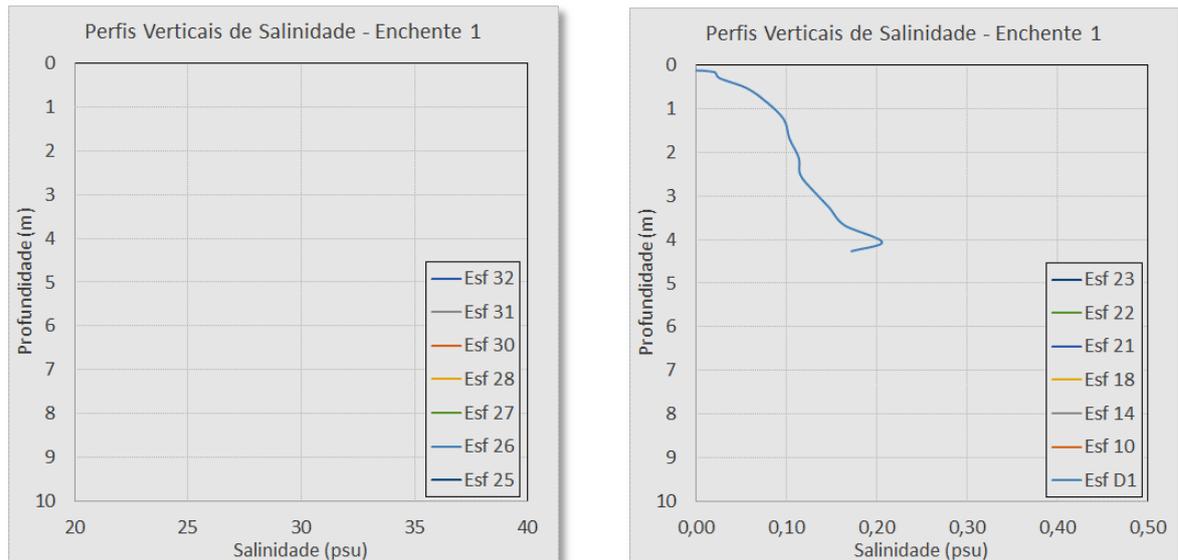
Figura 41 - Perfis verticais de velocidade de corrente para as estações amostrais em período de maré enchente. Campanha 4 - Enchente 1 - 09/07/2017.

A variação da temperatura ao longo da coluna de água, para a campanha 2, medição longitudinal, período de enchente, é apresentada na Figura 42.



**Figura 42 - Perfis verticais de temperatura para as estações amostrais. Campanha 2 - Enchente 09/07/2017.**

A variação da salinidade ao longo da coluna de água, para a campanha 2, medição longitudinal, período de enchente, é apresentada na Figura 43.



**Figura 43 - Perfis verticais de salinidade para as estações amostrais. Campanha 2 - Enchente 09/07/2017.**

### 3.2.3.3 - Vazante 2

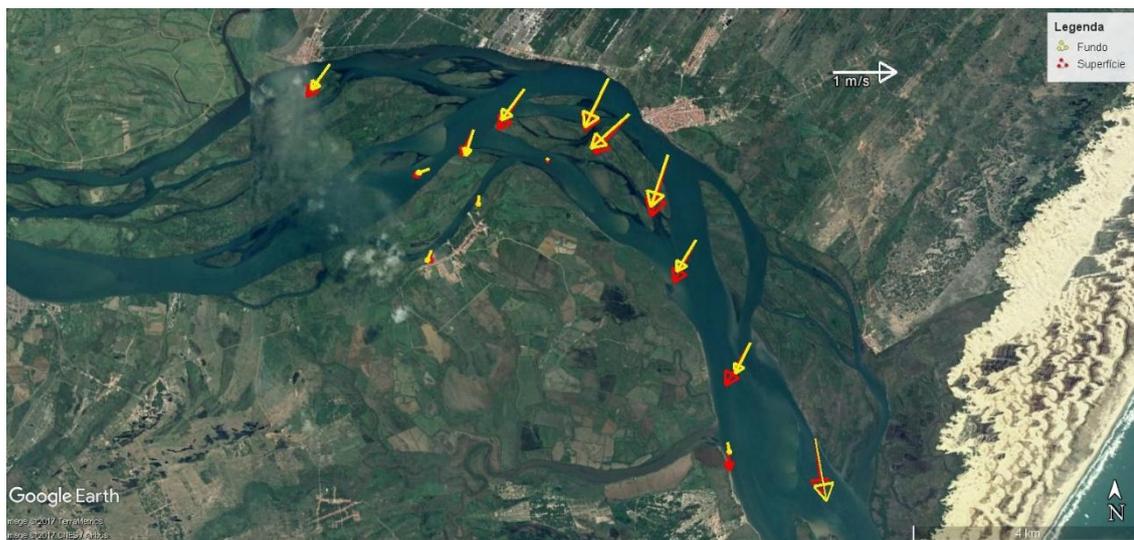


Figura 44 - Média vertical da velocidade e direção da corrente em cada estação amostral. Campanha 4 - Vazante 2 - 10/07/2017.

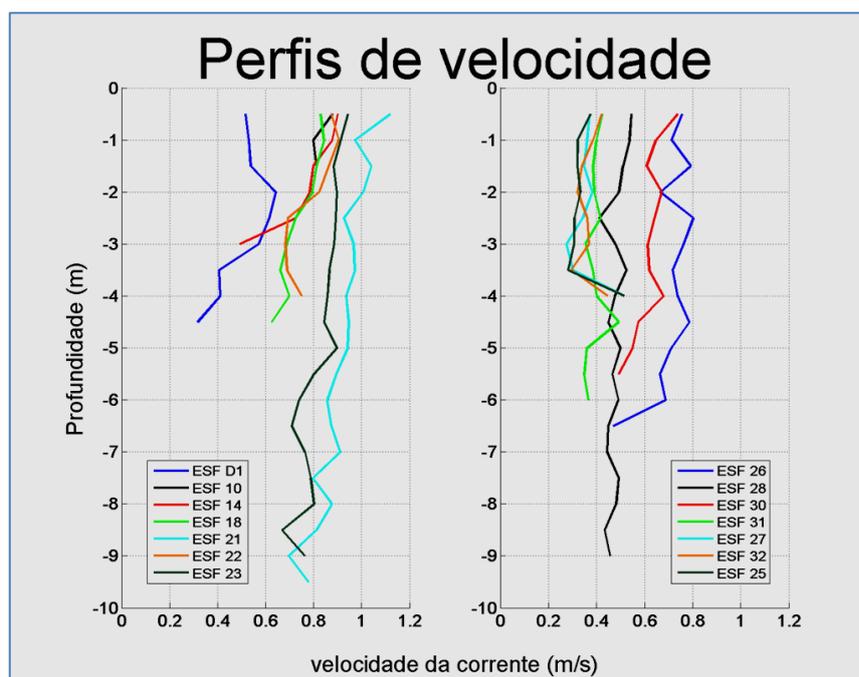
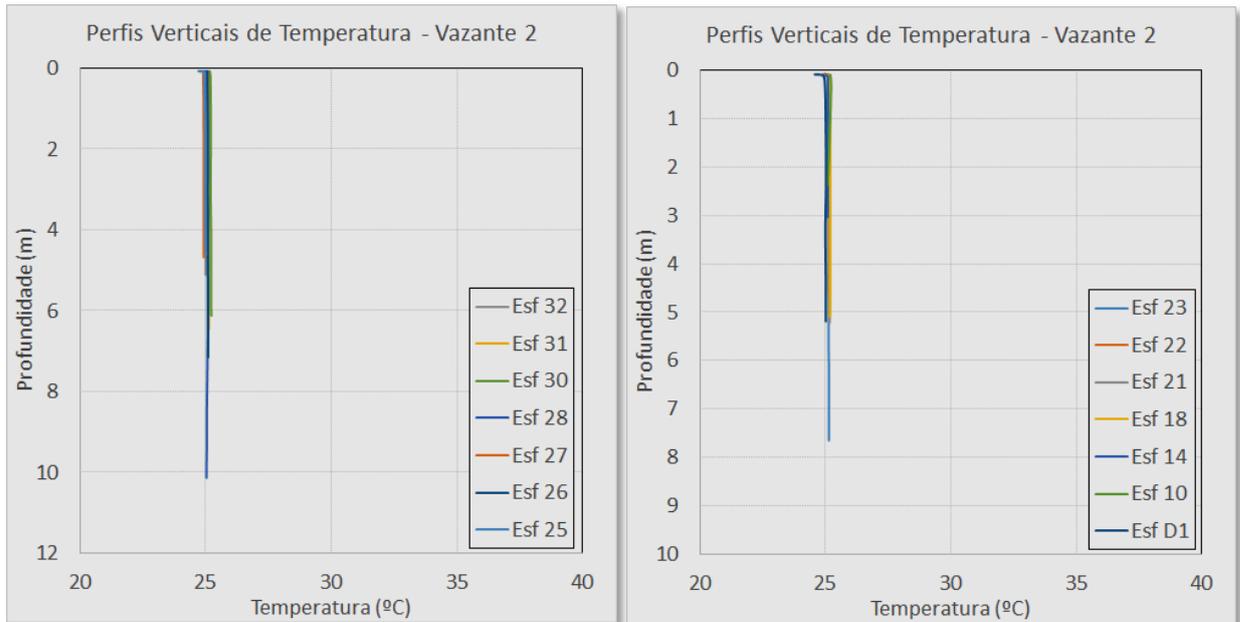


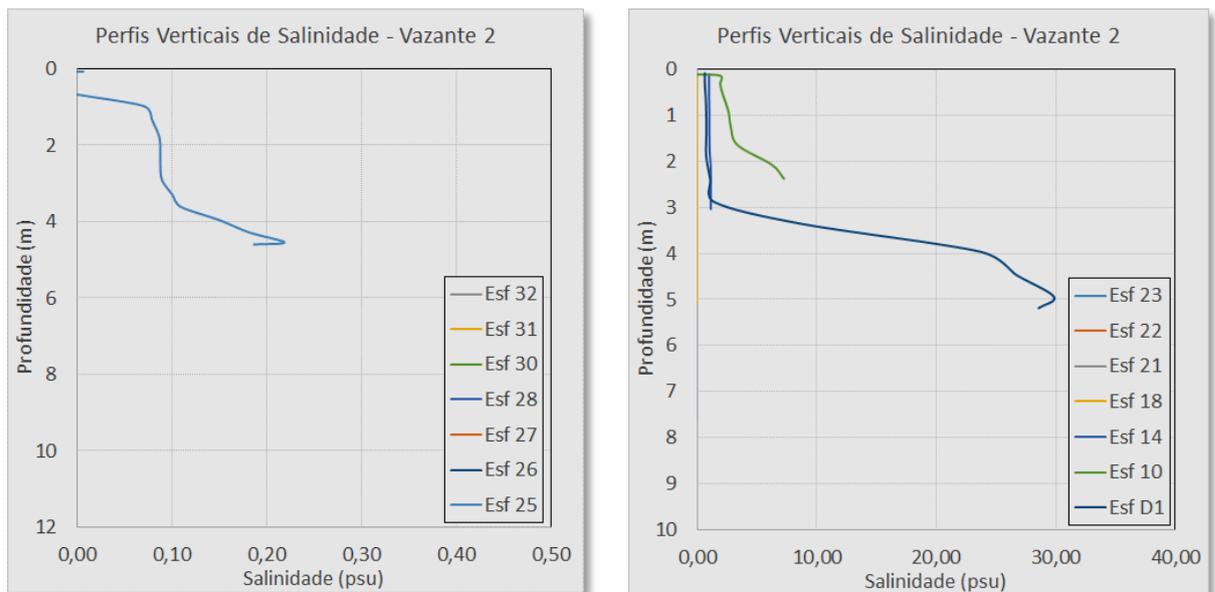
Figura 45 - Perfis verticais de velocidade de corrente para as estações amostrais em período de maré enchente. Campanha 4 - Vazante 2 - 10/07/2017.

A variação da temperatura e ao longo da coluna de água, para a campanha 2, medição longitudinal, período de vazante, é apresentada na Figura 46.



**Figura 46 - Perfis verticais de temperatura para as estações amostrais. Campanha 2 - Vazante 10/07/2017.**

A variação da salinidade ao longo da coluna de água, para a campanha 2, medição longitudinal, período de vazante, é apresentada na Figura 47.



**Figura 47 - Perfis verticais de salinidade para as estações amostrais. Campanha 2 - Vazante 10/07/2017.**

### 3.2.3.4 - Enchente 2

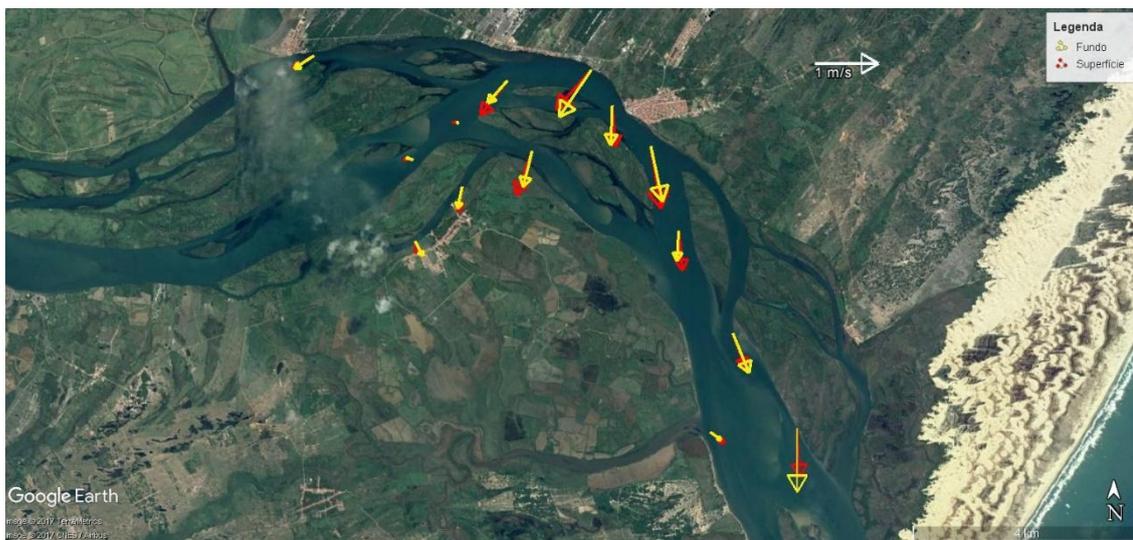


Figura 48 - Média vertical da velocidade e direção da corrente em cada estação amostral. Campanha 4 - Enchente 2 - 10/07/2017.

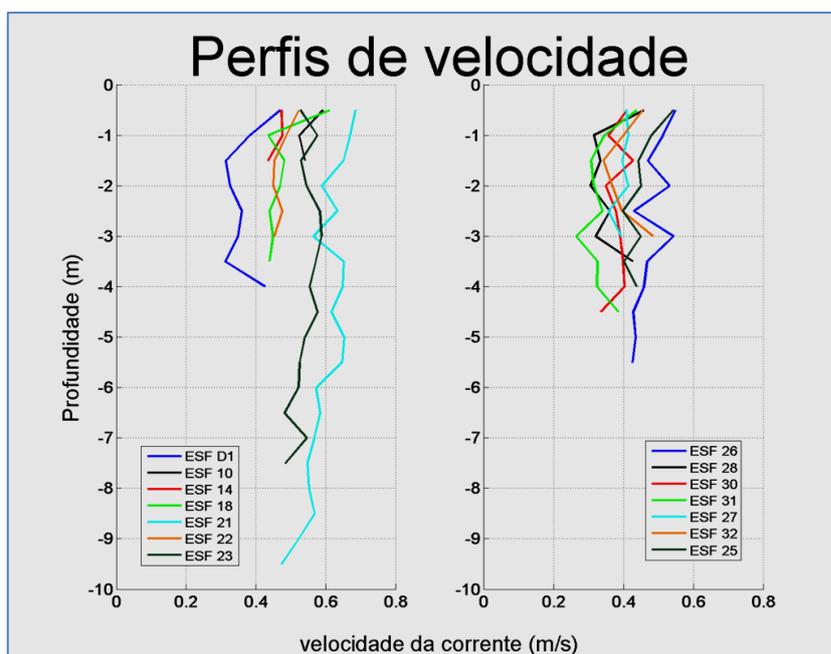
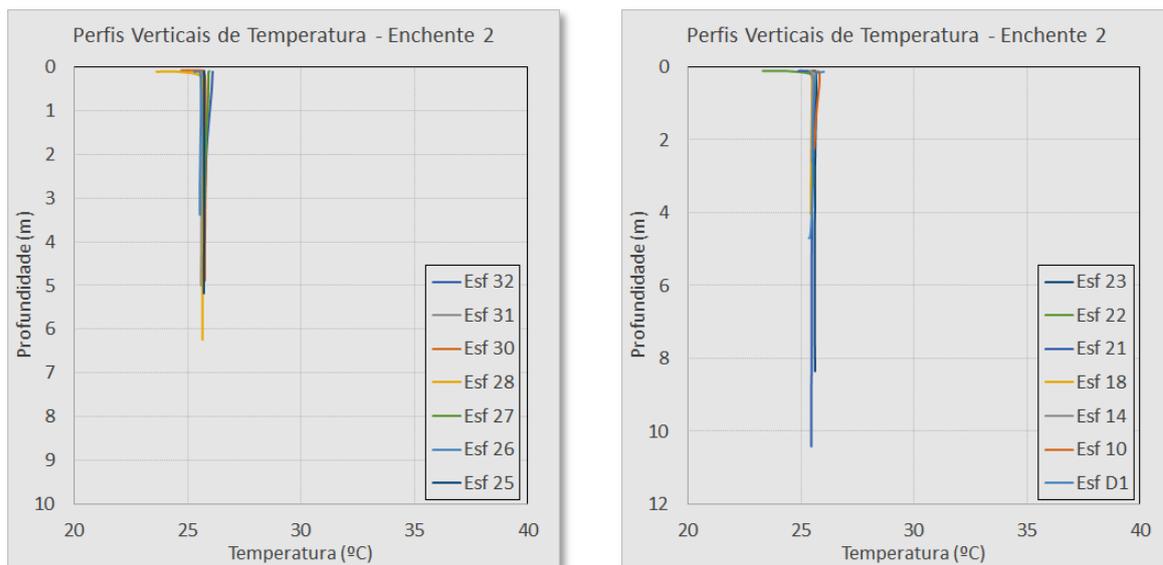


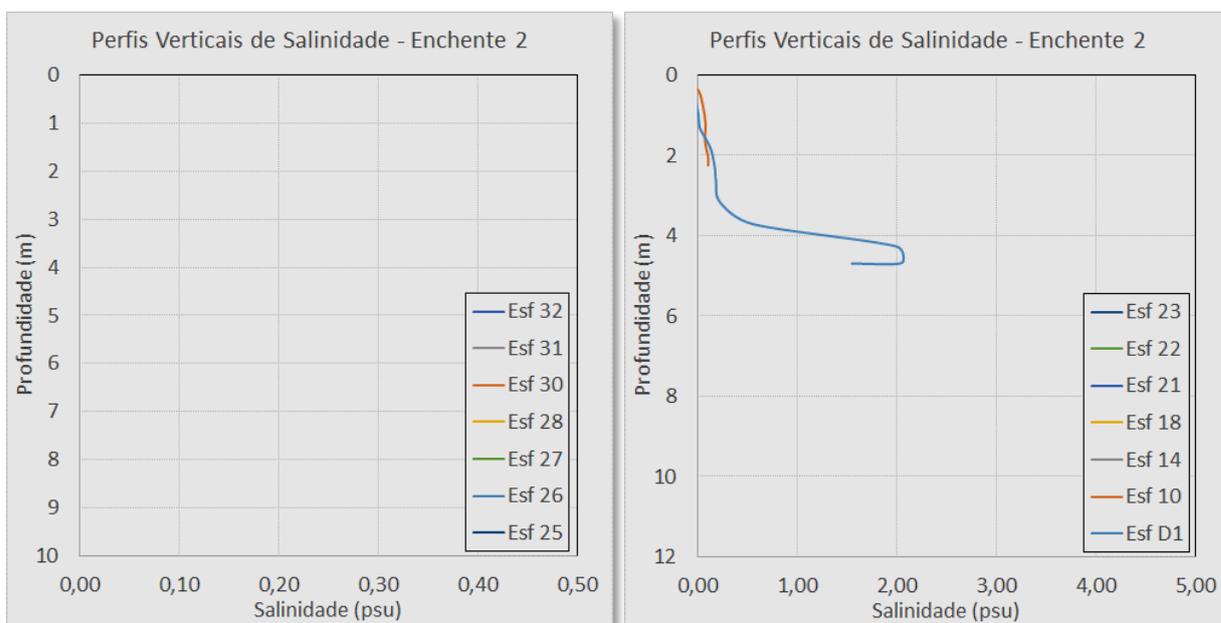
Figura 49 - Perfis verticais de velocidade de corrente para as estações amostrais em período de maré enchente. Campanha 4 - Enchente 2 - 10/07/2017.

A variação da temperatura e ao longo da coluna de água, para a campanha 2, medição longitudinal, período de vazante, é apresentada na Figura 50.



**Figura 50 - Perfis verticais de temperatura para as estações amostrais. Campanha 2 - Enchente 10/07/2017.**

A variação da salinidade ao longo da coluna de água, para a campanha 2, medição longitudinal, período de enchente, é apresentada na Figura 51.



**Figura 51 - Perfis verticais de salinidade para as estações amostrais. Campanha 2 - Enchente 10/07/2017.**

#### 4 - CONSIDERAÇÕES FINAIS

O relatório em tela contém os resultados do segundo mês de campanhas realizadas para o monitoramento e avaliação do comportamento espaço-temporal da cunha salina do estuário do Rio São Francisco. Os equipamentos, bem como o método empregado permanecem os mesmos do primeiro período e estão em conformidade com as melhores práticas para a avaliação de ambientes estuarinos onde ocorre a formação de cunha salina.

Durante a primeira campanha realizada entre os dias 22/06/2017 e 25/06/2017 e a segunda campanha realizada entre os dias de 07/07/2017 a 10/07/2017, diferente do primeiro mês de monitoramento, houve uma redução na pluviosidade. No entanto, não houve para o período monitorado, a operação de redução de vazão por parte da CHESF.

Segundo dados da estação do INMET localizada em Brejo Grande a precipitação acumulada para o mês 5 foi de 50 mm. As vazões registradas para os períodos de campanhas na estação de Propriá foram de 726 m<sup>3</sup>/s no dia 22/06/2017 e alcançaram a 822m<sup>3</sup>/s no dia 25/06/2017.

Na segunda campanha houve um incremento nas vazões registradas para este ponto, tanto que alcançaram aproximadamente 1.000 m<sup>3</sup>/s, em média, durante o período de amostragem.

Não diferente do primeiro mês, e como já era esperado para este ambiente, o campo de velocidade se mostrou bem variado ao longo do tempo e do espaço. Nos pontos fixos ESF23 e ESF32 não foram observados ao longo das duas campanhas uma forte estratificação vertical, mas, ao invés disso, somente um gradiente de atenuação das velocidades verticalmente, o que é constitui um perfil típico de escoamento fluvial. As direções das correntes para estes pontos seguem a orientação do canal com reversões de 180 graus nos pontos máximos de marés vazantes e enchentes, na camada inferior da coluna de água. Também foi observada uma assimetria no campo de velocidades de corrente entre marés enchentes e vazantes para estes pontos. O rio São Francisco ocupa a posição de 15<sup>o</sup> no *ranking* de vazões médias entre os maiores rio do Brasil, desta forma seu estuário abrange grandes dimensões. Ambientes com estas características fluviais, geralmente, tem uma assimetria na elevação das marés e, conseqüentemente, no campo de velocidades. Este fenômeno é decorrente do amortecimento da onda de cheia e da deformação desta onda em função da geometria do estuário, tudo isso somado às descargas fluviais no período de

vazante.

Neste segundo mês de campanha a salinidade permaneceu com um comportamento considerado aderente ao cenário esperado, com concentrações maiores próximas da foz, principalmente no ponto ESFD1. Neste mesmo ponto a concentração máxima de sais observada foi de 29 psu, em quase todas as campanhas, para a camada inferior da coluna de água. No ponto ESFD1 também é evidente a estratificação das concentrações de salinidade, o que denota a ocorrência da cunha salina. No entanto, diferente da campanha anterior, o ponto ESF23 não houve relevante registro de concentrações de sais.

Quando comparado o ponto ESF23 ao monitoramento anterior, onde a vazão para o período foi de 640m<sup>3</sup>/s e a concentração de 5,5 psu, pode-se inferir que o aumento da vazão média, que passou para 726, pode ter contribuído para a diminuição das concentrações de sais.

No ponto ESF32 não foram registradas concentrações significativas de sais em nenhuma das campanhas.

Os resultados deste mês de monitoramento corroboram ao afirmado no documento anterior, onde é explicitado que o ponto ESF23 está sujeito à ocorrência de sais em momentos específicos do ciclo de maré e com baixas descargas fluviais. Mesmo não havendo um evento de incremento de salinidade para o ponto ESF23 ao longo do período monitorado, o histórico de monitoramento aponta para a sua suscetibilidade ao incremento de salinidade. Resta destacar, novamente, a afirmação de que os eventos de incremento de salinidade são intermitentes e o seu monitoramento deve ser realizado em alta frequência para a correta avaliação do risco de captação de água com concentrações indesejáveis de sais. Há ferramentas disponíveis que permitem o acompanhamento das concentrações em tempo real, o que possibilitaria a correta tomada de decisão quanto a captação de água para o abastecimento público. Estações de monitoramento telemétrico são ótimas ferramentas e de custos assimiláveis.

No Quadro 3, Quadro 4 e Quadro 5, está relacionado o resumo dos resultados do monitoramento da cunha salina com a listagem dos maiores valores observados nos pontos de monitoramento fixos ESF32 e ESF23 e o ponto ESFD1.

**Quadro 3 - Vazões médias diárias e máximas salinidades medidas nas estações de monitoramento fixo ESF\_32 e ESF\_23, durante a campanha 1 e 2.**

Campanha 1		
Estação Amostral e Data	Vazão Média Diária (m <sup>3</sup> /s)	Salinidade Máxima (psu)
ESF_32 (23/06/2017)	745	0,0
ESF_23 (22/06/2017)	724	0,0

**Quadro 4 - Vazões médias diárias e máximas salinidades medidas nas estações de monitoramento fixo ESF\_32 e ESF\_23, durante a campanha 2.**

Campanha 2		
Estação Amostral e Data	Vazão Média Diária (m <sup>3</sup> /s)	Salinidade Máxima (psu)
ESF_23 (07/07/2017)	1.030	0,0
ESF_32 (08/07/2017)	1016	0,0

**Quadro 5 - Vazões médias diárias e máximas salinidades medidas na estação ESF\_D1, durante a campanha 1 e campanha 2 de monitoramento longitudinal.**

ESF_D1		
Campanha	Vazão Média Diária (m <sup>3</sup> /s)	Salinidade Máxima (psu)
1	922	29,01
2	622	28,80

## 5 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

<http://www.ngdc.noaa.gov/geomag-web/#declination>. Declination is calculated using the most recent World Magnetic Model (WMM) or the International Geomagnetic Reference Field (IGRF) model.

## 6 - EMPRESA RESPONSÁVEL PELA ELABORAÇÃO DO RELATÓRIO

Os principais dados de identificação da empresa responsável pela elaboração do Relatório constam do Quadro 6.

**Quadro 6 - Dados gerais da empresa consultora.**

Dados Gerais da Empresa Consultora		
Razão Social: Agrosig Engenharia e Meio Ambiente EIRELI - EPP		
CNPJ/M.F: 05.848.147/0001-50	CREA RS: 171.356	CTF/IBAMA: 5473920
Endereço Correspondência: Rua Hilário Ribeiro, nº 294, Conjs. 201 e 202 - Bairro Moinhos de Vento, Porto Alegre - RS CEP 90510-040		
Bairro: Moinhos de Vento	CEP: 90430-181	Município: Porto Alegre/RS
Telefone: (51) 3072-6563	FAX: (51) 3072-6863	
Contato: Engenheiro Jorge Vidal Olivera Duarte		
Endereço eletrônico: agrosig@agrosigeng.com.br		

## 7 - EQUIPE TÉCNICA

No Quadro 7 está relacionada a equipe técnica da empresa consultora responsável pela execução dos estudos que compõem o Relatório em questão.

**Quadro 7 - Equipe responsável pela elaboração do Relatório.**

Profissional	Qualificação	Registro Profissional
Jorge Vidal Olivera Duarte	Eng. Agrícola, Ms. em Engenharia, Esp. Saneamento Ambiental	CREA RS 44141
Carlos Eduardo Simão	Engenheiro Ambiental Mestre em Engenharia Oceânica	CREA RS174611
Evandro Gottardo	Geólogo, Ms. Dr. em Engenharia	CREA RS 83699
Marina Habkost Schuh	Bióloga Mestre	CRBIO RS 75990/03-D
Romelito Regginato	Geógrafo, Graduando em Geologia	CREA RS 191059
Guilherme Querotti e Silva	Técnico em Hidrologia, Graduando em Engenharia Civil	CREA RS 213833
Joana Postal Pasqualini	Graduanda em Engenharia Ambiental	-----
Luiza Bennemann Schield	Graduanda em Engenharia Ambiental	-----
Artur Kunzel	Graduando em Geologia	-----