

6 Resultados e Discussão

Os resultados de todos os parâmetros analisados estão descritos nas tabelas nos anexos I ao XII, bem como os cromatogramas dos hidrocarbonetos alifáticos no anexo XIII e os fluxos no anexo XIV.

6.1. Caracterização Física da coluna d'água

6.1.1. Correntes

Os dados de intensidade e direção das correntes foram obtidos com auxílio de um ADCP durante o período de amostragem (Figuras 6.1.1-1 e 6.1.1-2). Foram realizadas correções de declinação magnética, assim como uma pequena rotação de 22°W em relação ao norte geográfico nas componentes da velocidade para que assim apresentem-se paralela e perpendicularmente à boca da BG, não ocorreu interferência na interpretação dos dados, pois a BG apresenta inclinação similar no canal principal. Estes dados auxiliaram na interpretação do fluxo de material particulado em suspensão, do fluxo de nutrientes inorgânicos dissolvidos e do fluxo de hidrocarbonetos.

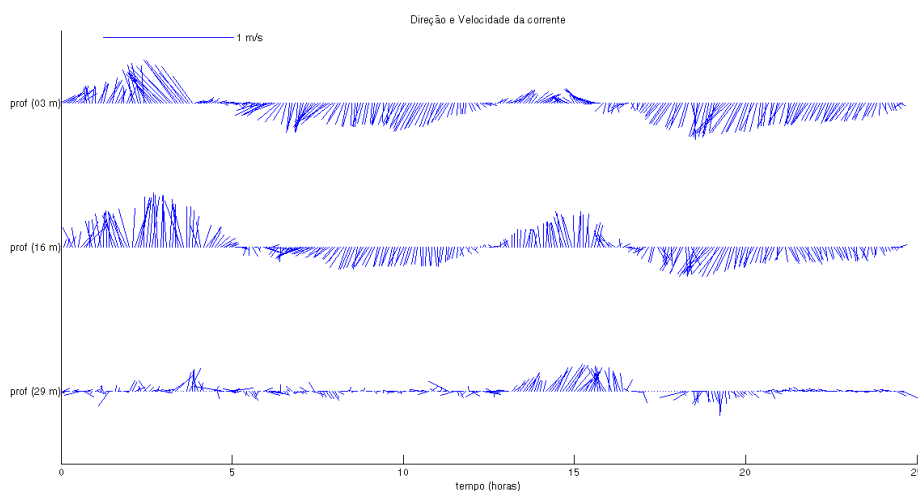


Figura 6.1.1-1: Gráfico de intensidade e direção da maré para a C1.

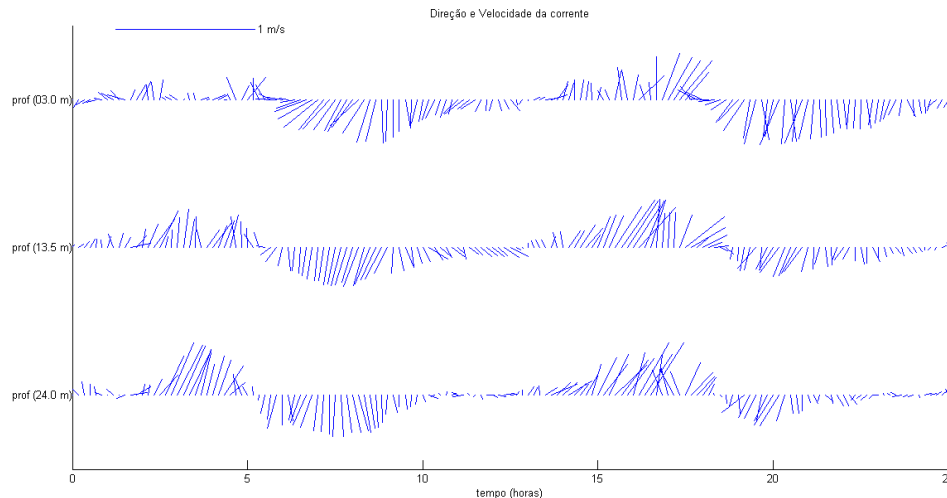


Figura 6.1.1-2: Gráfico de intensidade e direção da maré para a C2.

6.1.2. Profundidade da Zona Eufótica

A profundidade da zona eufótica, também chamada de transparência da água é a profundidade na qual incide 1% da irradiância em superfície (Pompêo, 1999). A ZE variou entre as duas campanhas, como pode ser visto na figura 6.1.2-1. Para a C1 a profundidade encontrada foi de 2,71 metros nas observações feitas próximas ao período entre às 10h e 14h dos dias 16 e 17 de junho. Para a C2 a menor profundidade da ZE foi de 4,06 metros no dia 9 de novembro e a maior foi de 5,41 metros nos dias 9 e 10 de novembro observadas entre 10h e 15h devido ao horário de verão. Pode-se entender a profundidade da ZE na C2 ser maior que para C1 pela posição solar, já que a C2 foi feita próxima da estação de verão na qual o sol está mais próximo ao Hemisfério Sul que marca a mudança da estação, isto é, a C2 foi feita em novembro no meio da estação de primavera onde há mais insolação se comparada com a C1 que foi realizada em junho próxima a entrada do inverno. Outro fator que se deve levar em consideração foi que o MPS para a C2 foi mais elevado que para a C1, o que também evita a penetração de luz em profundidades mais elevadas, mas mesmo assim a C2 obteve maior ZE. A melhoria das condições de transparência das águas, poderia resultar em um aumento da produtividade total devido à ampliação da ZE, porém, este aumento é limitado à eficiência dos processos de mistura turbulenta, pois o acréscimo na concentração celular resulta em um “feedback” negativo pelo bloqueio da passagem de energia luminosa (Rebello *et al.*, 1988).

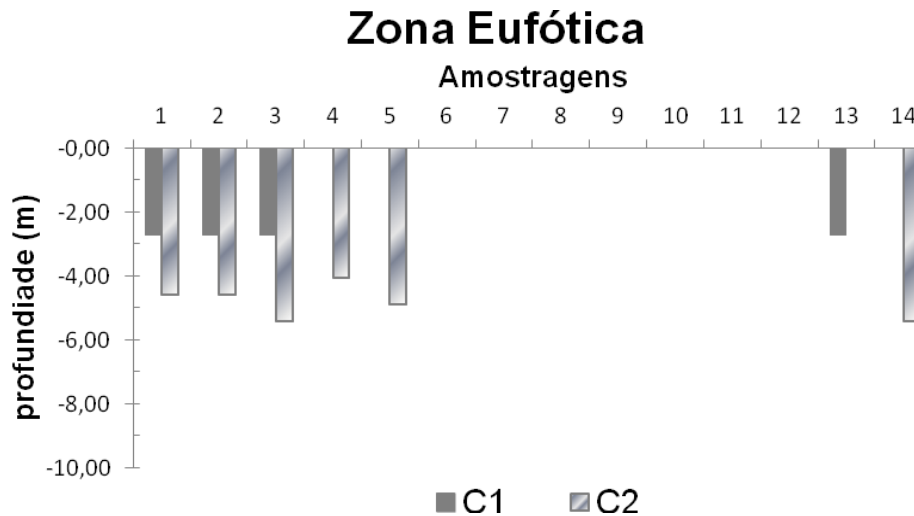


Figura 6.1.2-1: Dados de profundidade de zona eufótica.

6.2.

Caracterização Físico-química da coluna d'água

Os dados de média, desvio padrão e variação para os parâmetros pH, T°C, Salinidade e OD das campanhas 1 e 2 estão descritos na tabela 6.2-1 abaixo:

Tabela 6.2-1: Médias e desvios-padrão de T°C, pH, OD (mg L^{-1}), Salinidade em superfície, meia-água e fundo das campanhas 1 e 2.

		Média±DP			Mín - Máx		
		S	M	F	S	M	F
T°C	C1	21,81±0,16	21,82±0,13	21,77±0,04	21,56 - 22,06	21,67 - 22,02	21,72 - 21,88
	C2	21,40±0,82	20,13±1,10	16,89±0,56	19,31 - 22,15	17,71 - 21,34	15,97 - 17,92
pH	C1	8,14±0,11	8,11±0,10	8,05±0,19	7,98 - 8,42	7,87 - 8,34	7,53 - 8,37
	C2	8,38±0,11	8,32±0,08	8,18±0,10	8,24 - 8,64	8,22 - 8,48	8,02 - 8,46
OD	C1	7,91±0,86	7,71±0,57	7,17±0,56	7,02 - 9,44	6,95 - 8,88	6,40 - 8,51
	C2	4,62±0,43	4,26±0,39	3,60±0,45	4,01 - 5,48	3,44 - 4,72	3,14 - 4,79
Salinidade	C1	32,38±0,44	32,65±0,42	33,98±0,30	31,74 - 33,10	32,11 - 33,27	33,49 - 34,39
	C2	33,31±0,37	33,75±0,47	34,79±0,09	32,82 - 34,18	33,14 - 34,75	34,69 - 34,98

6.2.1.Estrutura Termo-Halina

Para a C1 pode-se observar nas figuras 6.2-1, 6.2-2 e 6.2-3 que ocorreu pouca variação de T°C entre as três profundidades ao longo de toda amostragem, indicando uma coluna d'água fracamente estratificada. Quanto à salinidade há um ligeiro aumento com a profundidade. Valores de T°C maiores

que 20°C e de salinidade menores que 34 indicam águas costeiras, que se definem pela mistura de águas tropicais (AT) com a descarga de água doce da BG. Emilson (1961) descreve AT como parte da massa de água quente e salina que ocupa a superfície do Atlântico Sul Tropical, a qual é transportada para o sul pela Corrente do Brasil (CB). Para a C2 é possível observar uma estratificação na T°C da água (Figuras 6.2-4, 6.2-5 e 6.2-6), apresentando valor máximo de 22,15°C na superfície, evidenciando uma massa AT e um mínimo de 15,97°C no fundo o que sugere uma associação com o sistema de ressurgência de Cabo Frio, que está localizado a 100 Km para o leste da entrada da BG (Kjerfve *et al.*, 1997). Este fenômeno ocorre no verão austral, como resultado da ação dos ventos do quadrante leste/nordeste aliado ao movimento de rotação da terra, que provoca o afastamento das águas quentes da CB da costa do nordeste em direção ao sul. Quando essas águas afastam-se da costa, há um afloramento de massa d'água fria chamada Água Central do Atlântico Sul (ACAS) (Miranda, 1985; Castro *et al.*, 2006) na costa do Rio de Janeiro. Segundo Miranda (1985) ACAS é caracterizada por T°C superiores a 6 °C e inferiores a 20°C e por salinidade entre 34,6 e 36. Alguns estudos feitos anteriormente indicaram gradientes superficiais de T°C e salinidade na BG variando de 23°C de T°C e 34 de salinidade na entrada a 27°C e 14 no seu interior (JICA, 1994).

6.2.2.pH

O pH apresentou pouca variação entre as profundidades em ambas campanhas, sendo apresentadas médias mais elevadas em superfície e diminuindo ao longo da coluna d'água, os valores de pH para a C2 foram ligeiramente mais elevados em comparação aos da C1, indicando maior influência de água marinha (Figuras 6.2-1, 6.2-2, 6.2-3, 6.2-4, 6.2-5 e 6.2-6). Os valores observados estão dentro dos limites legais segundo o CONAMA (2005) para águas salinas.

Em zonas estuarinas o pH é semelhante ao das águas marinhas, podendo chegar até 9,0 e em média 8,2, como foi encontrado no presente trabalho, entretanto, como as águas fluviais são geralmente mais ácidas e os estuários são corpos hídricos intermediários entre essas águas e as marinhas. O pH do sistema estuarino em estudo se encontra concordando com outros sistemas onde existe a mistura de água doce com água salgada, como no Estuário do Rio Perequê (Signorin *et al.*, 2010).

6.2.3.Oxigênio Dissolvido

As concentrações médias de OD encontradas na C1 foram de 7,91 mg L⁻¹ na superfície, 7,71 mg L⁻¹ para meia-água e 7,17 mg L⁻¹ para fundo. A menor concentração de oxigênio encontrada para esta campanha foi de 6,40 mg L⁻¹ junto ao fundo com grau de saturação de 88,9% e a maior concentração foi de 9,44 mg L⁻¹ junto a superfície com grau de saturação de 130,8% (Figuras: 6.2-1, 6.2-2 e 6.2-3). Segundo Rebello *et al.* (1988) elevadas concentrações de OD ocasionando supersaturação na superfície da água da BG pode ser reflexo da alta produtividade primária mesmo em áreas poluídas.

Para a C2 as concentrações médias de OD foram 4,62 mg L⁻¹ para superfície, 4,26 mg L⁻¹ para meia-água e 3,60 mg L⁻¹ para fundo. A concentração mais elevada para esta campanha foi 5,48 mg L⁻¹ em superfície com grau de saturação 75,4% e a mais baixa foi de 3,14 mg L⁻¹ para fundo com grau de saturação 39,5% (Figuras 6.2-4, 6.2-5 e 6.2-6).

A BG, de modo geral, apresenta uma distribuição de OD bem marcada pela estratificação vertical da camada fótica, altos valores são alcançados e estão fortemente relacionados à alta produtividade primária a qual é favorecida por elevadas T°C e grande aporte de nutrientes (FEEMA, 1998). Kjerfve *et al.* (1997) encontrou valores semelhantes aos da C1 em seu trabalho, amostrados em pontos próximos ao ponto de amostragem do presente trabalho, como médias de 8,6 mg L⁻¹ na superfície e 6,8 mg L⁻¹ no fundo em um ponto mais em direção ao sul da BG, 8,9 mg L⁻¹ em superfície e 5,9 mg L⁻¹ no fundo em direção ao norte da BG.

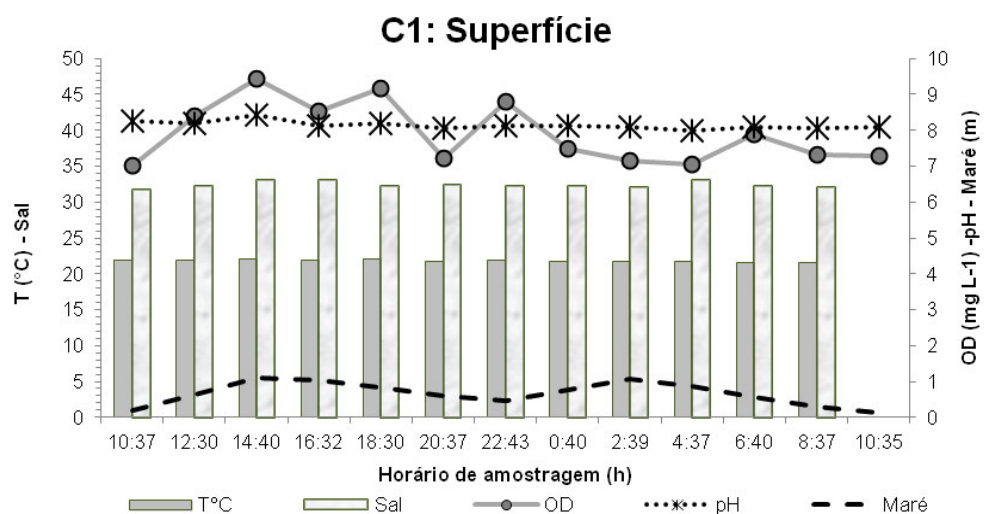


Figura 6.2-1: Variação dos parâmetros físico-químicos: T°C, pH, OD e Salinidade em superfície para a C1 ao longo do ciclo de maré com o horário de cada amostragem.

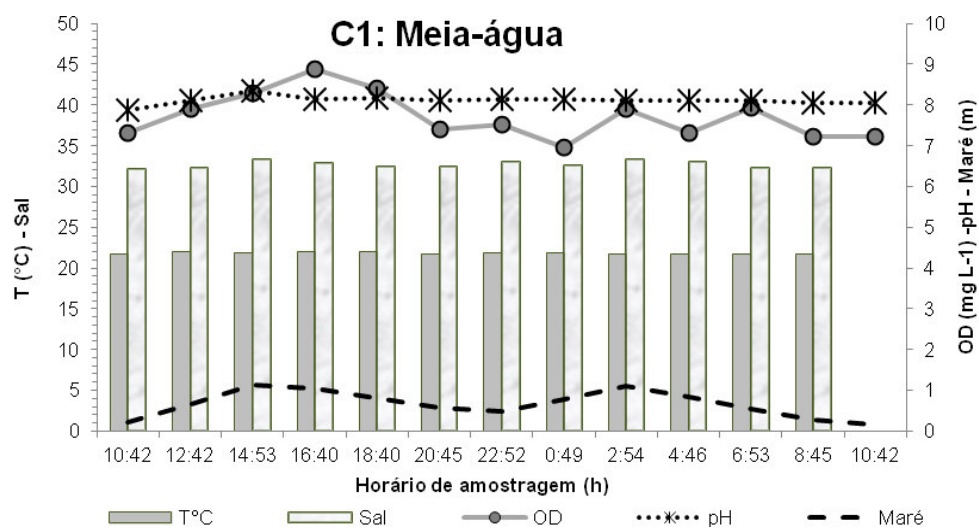


Figura 6.2-2: Variação dos parâmetros físico-químicos: T°C, pH, OD e Salinidade em meia-água para a C1 ao longo do ciclo de maré com o horário de cada amostragem.

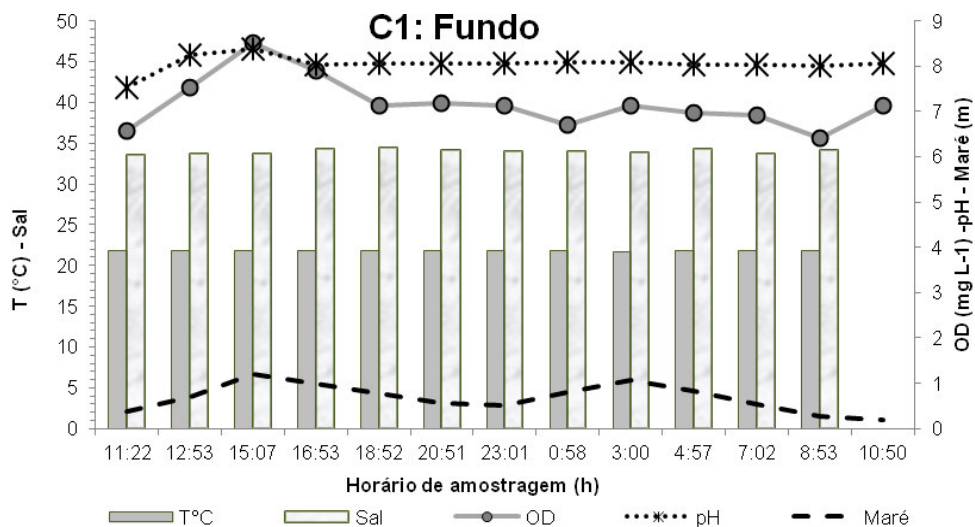


Figura 6.2-3: Variação dos parâmetros físico-químicos: T°C, pH, OD e Salinidade no fundo para a C1 ao longo do ciclo de maré com o horário de cada amostragem.

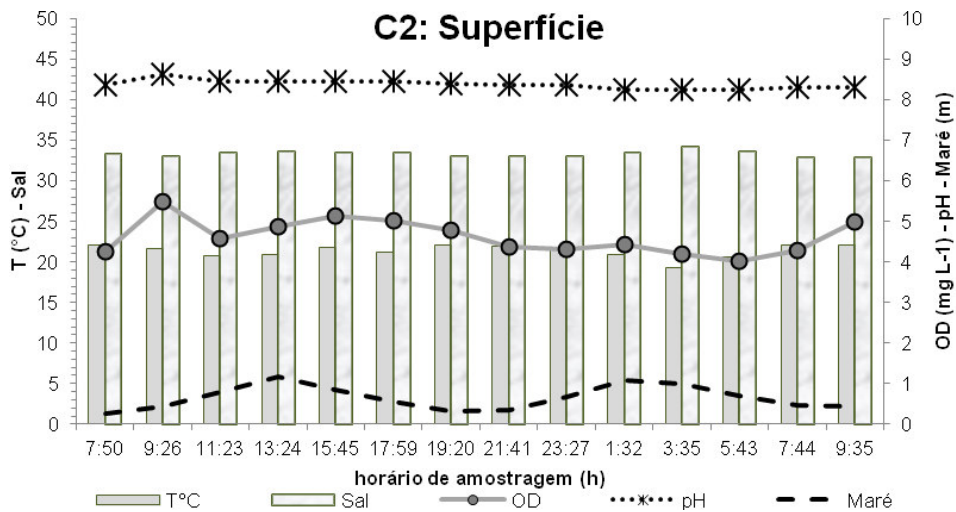


Figura 6.2-4: Variação dos parâmetros físico-químicos: T°C, pH, OD e Salinidade em superfície para a C2 ao longo do ciclo de maré com o horário de cada amostragem.

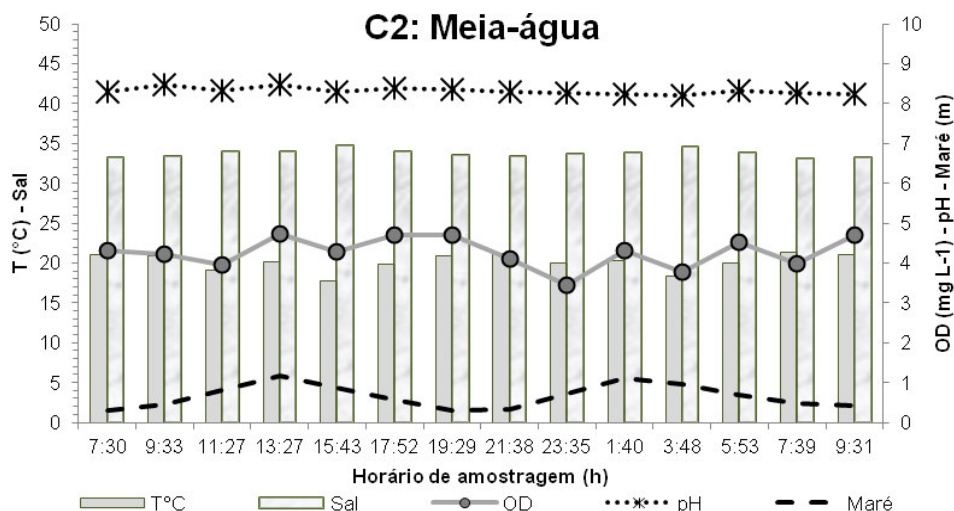


Figura 6.2-5: Variação dos parâmetros físico-químicos: T°C, pH, OD e Salinidade em meia-água para a C2 ao longo do ciclo de maré com o horário de cada amostragem.

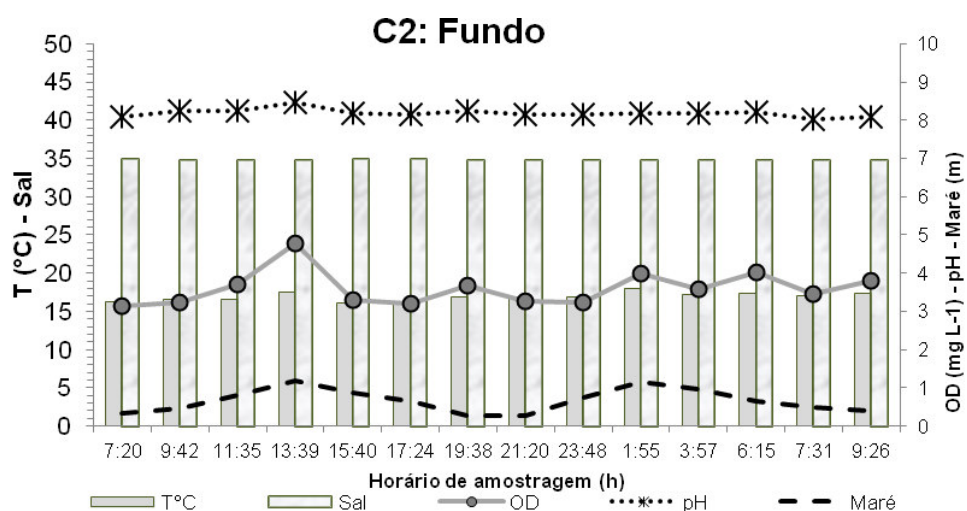


Figura 6.2-6: Variação dos parâmetros físico-químicos: T°C, pH, OD e Salinidade no fundo para a C2 ao longo do ciclo de maré com o horário de cada amostragem.

6.3.

Caracterização Biogeoquímica da coluna d'água

6.3.1. Material Particulado em Suspensão

O MPS variou entre as duas campanhas, com concentração mínima de 7,36 mg L⁻¹ junto ao fundo e máxima de 28,67 mg L⁻¹ junto à superfície para C1 (Tabela 6.3.1-1). Para a C2 os valores encontrados foram maiores, sendo

encontrado um mínimo de 23,40 mg L⁻¹ no fundo e um máximo de 68, 24 mg L⁻¹ na superfície (Tabela 6.3.1-1). O padrão de oscilação da concentração de MPS junta à variação da maré é visto nas figuras (6.3.1-1 e 6.3.1-2). Mesmo não tendo obtido dados pluviométricos, se pode dizer que provavelmente, a elevada concentração de MPS para a C2 esteja relacionada a eventos de chuvas que normalmente são mais intensos no mês de novembro do que no mês de junho. A chuva faz com que ocorre ressuspensão do sedimento levando partículas para a coluna d'água.

O material particulado presente nos estuários é formado por uma mistura complexa de associações de partículas provenientes de diferentes fontes, e dotadas de características físico-químicas distintas (Saliot *et al.*, 2002).

A maior parte da MO presente do sedimento é derivada do material biossintetizado por organismos marinhos que habitam as águas superficiais dos oceanos. Esta MO é transportada como MPS para o fundo do mar, mas antes disto, ela sofre algumas alterações ao longo da coluna d'água (Wakeham & Lee, 1989). Processos biológicos, químicos e físicos trabalham juntos para alterar a composição química orgânica e inorgânica do material particulado assim como seu transporte ao longo da coluna d'água (Engel & Macko, 1993).

A BG é uma área caracterizada por uma elevada concentração de MO, sais nutrientes e coliformes fecais, devido à grande quantidade de rios contaminados que lá deságuam (JICA, 1994).

Os parâmetros analisados no MPS foram os hidrocarbonetos que serão discutidos a seguir.

Tabela 6.3.1-1: Dados de MPS (mg L^{-1}) para superfície, meia-água e fundo para as campanhas 1 e 2.

	C1			C2		
	S	M	F	S	M	F
1	20,375	15,40	17,80	41,23	49,40	52,93
2	20,30	15,40	15,33	42,40	30,57	42,80
3	18,90	14,08	17,50	37,67	32,43	35,22
4	20,47	18,30	16,18	47,40	45,40	47,60
5	12,20	15,42	14,93	68,24	42,15	39,84
6	13,63	15,64	12,53	41,33	35,25	30,24
7	13,87	13,00	9,55	29,20	36,32	30,00
8	13,86	13,20	13,60	28,88	28,40	24,59
9	8,50	9,80	10,20	26,86	28,00	25,41
10	14,67	11,18	9,02	24,50	29,71	26,59
11	12,93	13,48	9,95	31,38	28,94	32,00
12	12,91	11,73	8,68	27,63	28,13	32,12
13	28,67	15,92	7,36	24,94	24,00	23,40

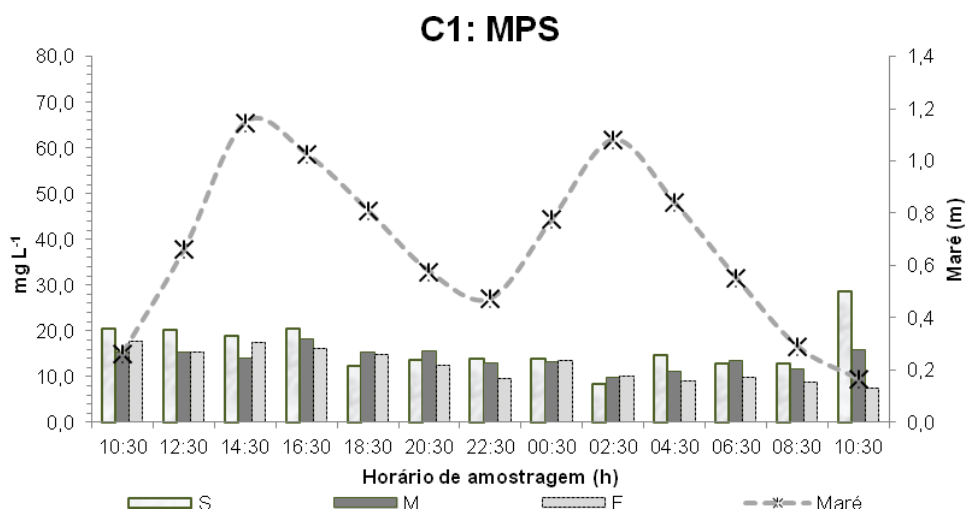


Figura 6.3.1-1: Variação do MPS na C1 ao longo do ciclo de maré pelo horário de amostragem.

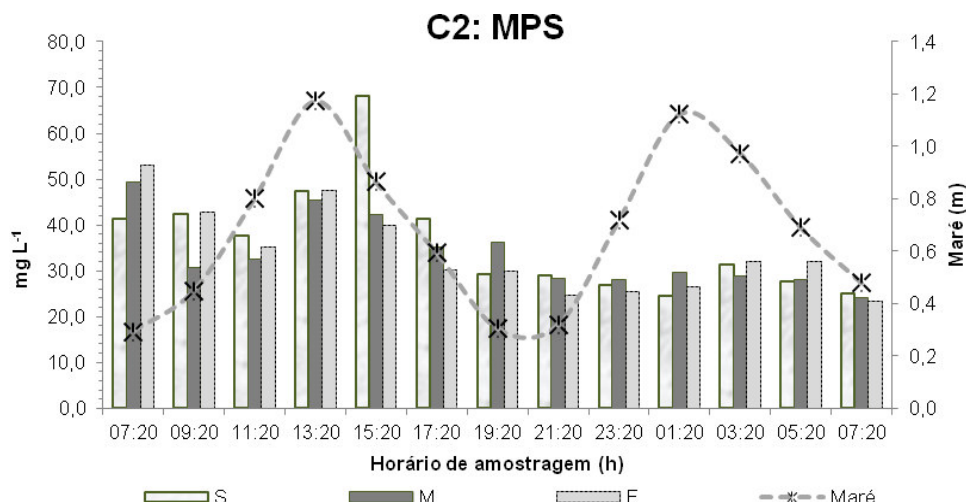


Figura 6.3.1-2: Variação do MPS na C1 ao longo do ciclo de maré pelo horário de amostragem.

6.3.2. Nutrientes inorgânicos dissolvidos

As concentrações dos nutrientes inorgânicos foram mais elevadas do que as encontradas por Kjerfve *et al.* (1997) e Guenther (2006), em pontos próximos ao ponto amostral do presente trabalho, chegando a concentrações três vezes maiores.

A principal via de entrada de nutrientes para o ambiente marinho costeiro é a drenagem continental. A água fluvial apresenta níveis de concentração de nutrientes que superam em ordens de grandeza aqueles encontrados no mar. A alta concentração de nutrientes ocorre em função de que estes corpos d'água carregam grande quantidade de material continental, seja de origem antrópica ou originados do intemperismo da crosta (Pereira-Filho *et al.*, 2002).

Mesmo com a descarga de nutrientes oriunda dos aportes continentais, as variações de concentração de nutrientes das águas costeiras também podem estar relacionadas às fontes oceânicas, como no caso das zonas sujeitas a eventos de ressurgência (Matsuura, 1986; Gonzalez-Rodriguez *et al.* 1992; Valentin *et al.*, 1994). Por outro lado, segundo Cosser (1997), 85% dos nutrientes encontrados nos estuários e em regiões costeiras são provenientes das descargas dos rios.

6.3.2.1. Nitrogênio Amoniacal

Como esperado para a BG, os teores de N-NH_4^+ foram os mais altos entre os nutrientes inorgânicos. Observou-se uma variação sazonal com teores muito mais elevados na C1 comparados com os teores da C2. Nas duas campanhas as concentrações foram em média maiores em meia-água e em eventos de maré vazante, como é possível observar nas figuras 6.3.2.1-1 e 6.3.2.1-2, este comportamento é justificado pelo aporte continental que acompanha a vazão, pois o N-NH_4^+ é um traçador de poluição urbana recente, principalmente de esgotos domésticos. Para a C1 o teor máximo foi de $46,07 \mu\text{mol L}^{-1}$ e o mínimo foi de $8,80 \mu\text{mol L}^{-1}$. Para a C2 os valores variam de $22,11 \mu\text{mol L}^{-1}$ a $6,23 \mu\text{mol L}^{-1}$. Assim como neste trabalho, Rebello *et al.*, (1988) encontrou valores de N-NH_4^+ médios mais elevados a 4,5 m de profundidade, comparados aos valores médios de superfície para a BG. Ainda que, os valores observados para C1 foram relativamente altos, todavia, não ultrapassaram o valor limite de $50 \mu\text{mol L}^{-1}$ para águas salinas de classes 2 e 3 estipulado pelo CONAMA (2005).

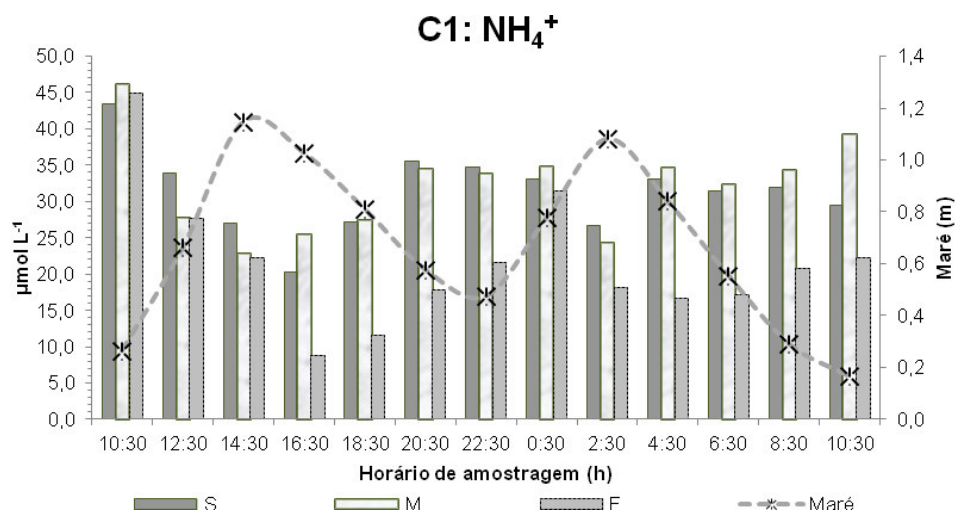


Figura 6.3.2.1-1: Variação do nitrogênio amoniacal na C1 ao longo do ciclo de maré pelo horário de amostragem.

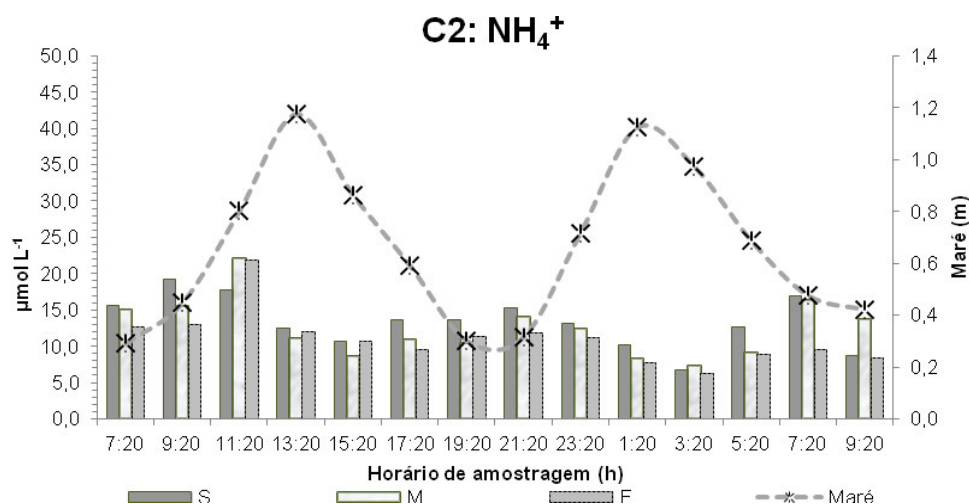


Figura 6.3.2.1-2: Variação do nitrogênio amoniacal na C2 ao longo do ciclo de maré pelo horário de amostragem.

6.3.2.2. Nitrito

Para os teores de N-NO_2^- foi observada pouca variação sazonal, sendo este, ao contrário do N-NH_4^+ , um pouco mais elevado na C2 comparado com a C1, porém, também ocorreram picos de maiores concentrações em eventos de maré vazante (Figuras 6.3.2.2-1 e 6.3.2.2-2). Os maiores teores foram observados na superfície, variando de $3,24 \mu\text{mol L}^{-1}$ a $1,45 \mu\text{mol L}^{-1}$ para C1 e de $4,99 \mu\text{mol L}^{-1}$ a $1,25 \mu\text{mol L}^{-1}$ para a C2. Kjerfve *et al.*, (1997) encontrou valores

similares para a mesma região da BG. Estudo realizado por Rebello em outubro de 1981 não publicado encontrou teor médio de $0,605 \mu\text{mol L}^{-1}$ de N-NO_2^- em superfície para o mesmo ponto amostrado.

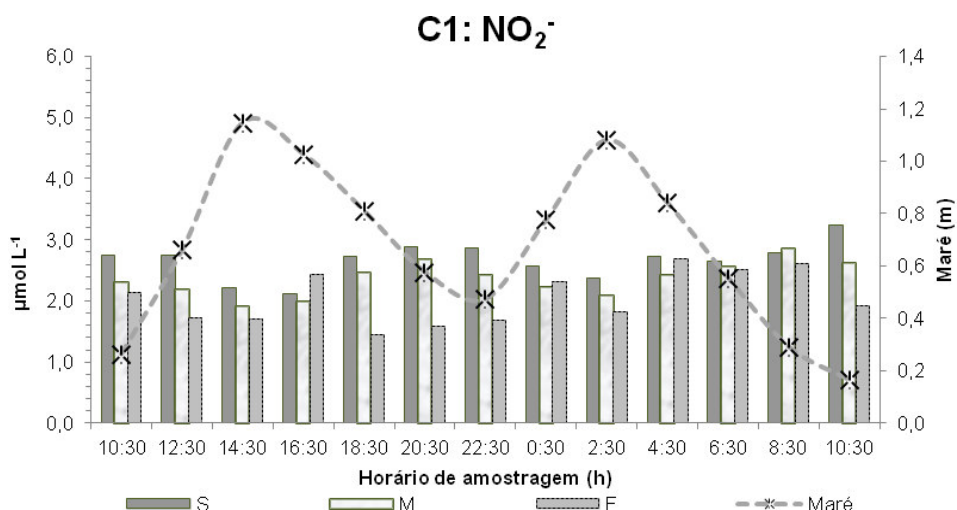


Figura 6.3.2.2-1: Variação do nitrito na C1 ao longo do ciclo de maré pelo horário de amostragem.

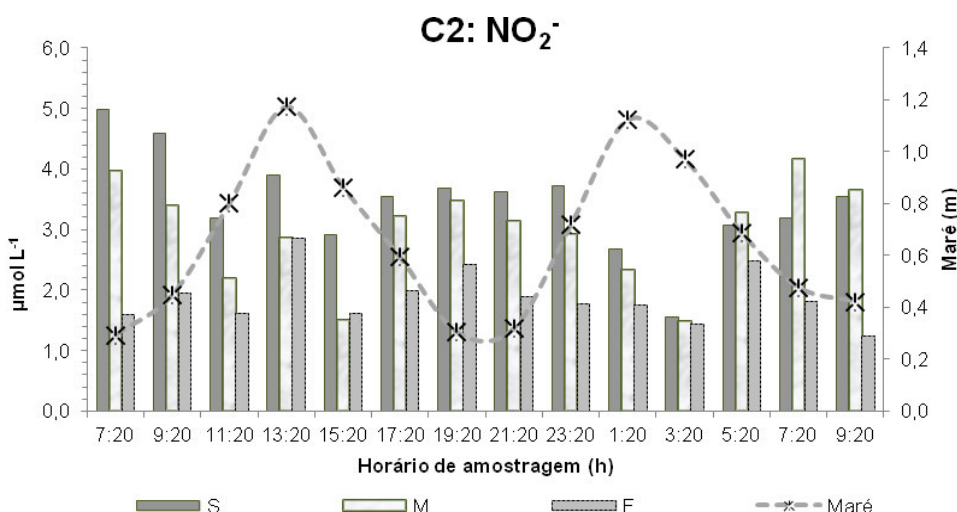


Figura 6.3.2.2-2: Variação do nitrito na C2 ao longo do ciclo de maré pelo horário de amostragem.

6.3.2.3. Nitrato

Para os teores de N-NO_3^- pode-se observar uma ligeira variação sazonal com concentrações mais elevadas na C1 assim como o N-NH_4^+ , também ocorreram picos de maiores concentrações em eventos de maré vazante

(Figuras 6.3.2.3-1 e 6.3.2.3-2). Os teores variaram de $7,06 \mu\text{mol L}^{-1}$ a $1,03 \mu\text{mol L}^{-1}$ para C1 e de $6,10 \mu\text{mol L}^{-1}$ a $0,03 \mu\text{mol L}^{-1}$ para a C2. Segundo alguns trabalhos realizados na BG médias de teores similares de N-NO_3^- foram observadas para a mesma região como $3,71 \mu\text{mol L}^{-1}$ em superfície (Rebello, *et al.*, 1988), $4,5 \mu\text{mol L}^{-1}$ para o fundo (Kjerfve *et al.*, 1997) e $1,18 \mu\text{mol L}^{-1}$ para estudo realizado por Rebello em 1981 não publicado.

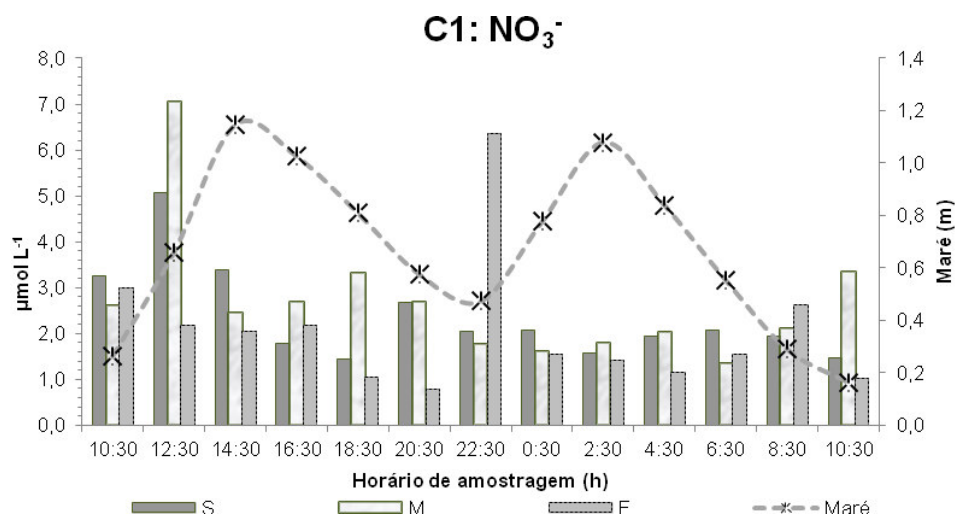


Figura 6.3.2.3-1: Variação do nitrato na C1 ao longo do ciclo de maré pelo horário de amostragem.

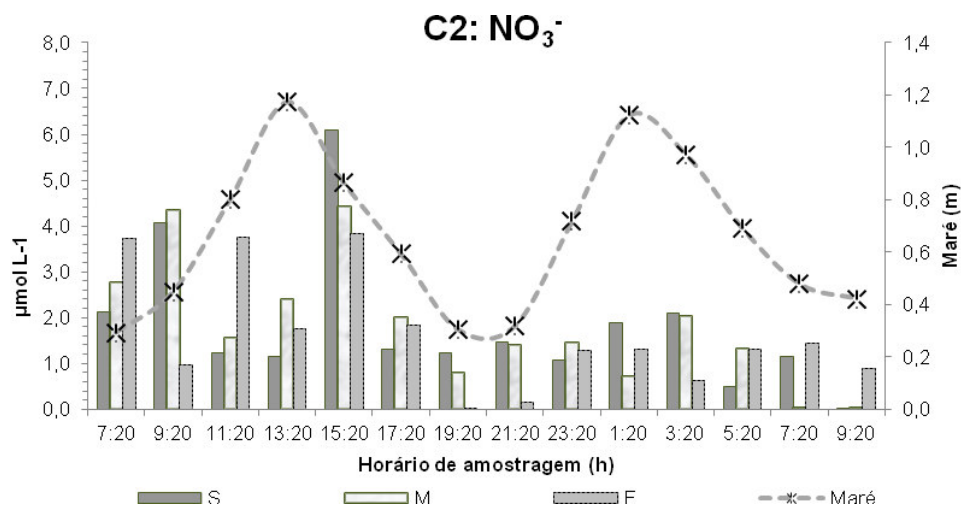


Figura 6.3.2.3-2: Variação do nitrato na C2 ao longo do ciclo de maré pelo horário de amostragem.

6.3.2.4.Fósforo Inorgânico

O Pinorg mostrou-se mais evidente na C2, na qual se podem observar teores mais elevados no fundo (Figura 6.3.2.4-2) as concentrações variaram de $1,35 \mu\text{mol L}^{-1}$ a $2,44 \mu\text{mol L}^{-1}$. Para a C1 os teores de Pinorg foram os mais baixos entre todos os nutrientes variando de $0,25 \mu\text{mol L}^{-1}$ a $0,85 \mu\text{mol L}^{-1}$ (Figura 6.3.2.4-1). No estudo feito em 1981 foi observado um teor de $1,15 \mu\text{mol L}^{-1}$ em superfície, entre os outros valores observados estão $0,5 \mu\text{mol L}^{-1}$ (Kjerfve *et al.*, 1997) e $0,07 \mu\text{mol L}^{-1}$ (Rebello *et al.*, 1988).

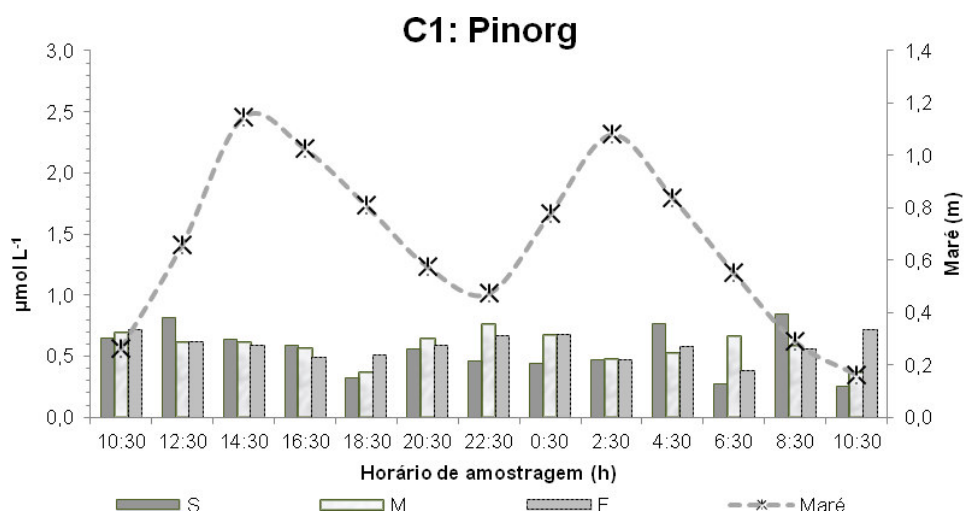


Figura 6.3.2.4-1: Variação do fósforo inorgânico na C1 ao longo do ciclo de maré pelo horário de amostragem.

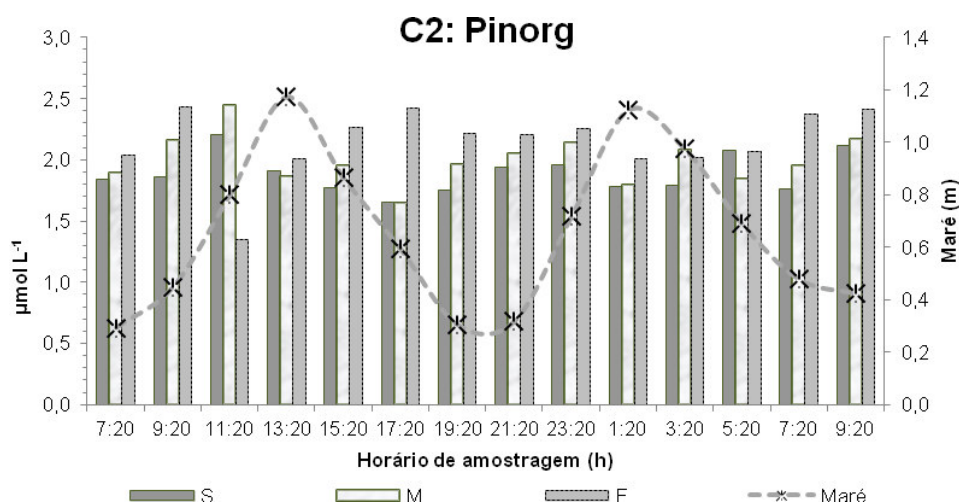


Figura 6.3.2.4-2: Variação do fósforo inorgânico na C2 ao longo do ciclo de maré pelo horário de amostragem.

A BG apresenta uma gradiente espaço-temporal na distribuição dos nutrientes (Mayr *et al.*, 1989). Quando os teores de nutrientes encontrados são comparados com dados pretéritos obtidos no interior da BG e em oceano aberto, é possível afirmar que o ponto amostrado próximo ao canal central é bem definido como uma região de transição entre o oceano aberto e a baía como um todo.

6.3.3. Razão N:P

O Fluxo de energia de um sistema é acompanhado pelo ciclo de nutrientes e de outros elementos. Assim como todo ecossistema, o estuário possui uma comunidade biológica (produtores primários, vários níveis tróficos de decompositores e consumidores) em que cada fluxo de energia é refletido em uma estrutura trófica e em ciclos de materiais (Stumm & Morgam, 1996). A razão N:P é um dos parâmetros importantes para expressar as interações entre os organismos e o ambiente abiótico. A razão N:P do material inorgânico foi calculada através da razão NID:PID considerando NID (N-NH_4^+ , N-NO_2^- , N-NO_3^-) e PID o próprio Pinorg. Obteve-se uma variação sazonal consideravelmente alta, evidenciando que a C1 foi mais influenciada pela descarga fluvial. Além das fontes irregulares de MO encontradas na BG, as correntes também muitas vezes tomam sentidos diferentes ao longo do perfil vertical, como visto nos dados físicos do presente trabalho, com isto as razões N:P oscilam bastante entre as variações de maré e entre as profundidades como é observado nas figuras 6.3.3-1 e 6.3.3-2. Para ambas as campanhas os maiores valores foram observados em superfície e os menores no fundo com exceção da amostra 3F2 a qual a razão foi de 20,12 a maior observada para a C2 e a única que ultrapassou a razão N:P de Redfield de 16:1 a menor razão encontrada foi de 4,11 também no fundo (Redfield *et al.*, 1963). Para a C1 os valores foram superiores variando de 27,28 no fundo a 135,70 em superfície. Este comportamento demonstra que o parâmetro limitante é o Pinorg para a C1. Em menores intensidades de correntes de maré, ou próximo ao estofo da maré (intervalo de tempo onde não há corrente de maré) pode aumentar o tempo de residência da água no estuário, isto provavelmente possibilita a adsorção do Pinorg ao MPS, diminuindo sua concentração na água. Esta diminuição é particularmente evidente na água com maior influência fluvial (superfície), fazendo com que a razão N:P se torne mais

elevado na superfície (Pereira-filho *et al.*, 2002). O procedimento de floculação nos estuários representa também outra forma de retirada do Pinorg da água (Day *et al.*, 1989).

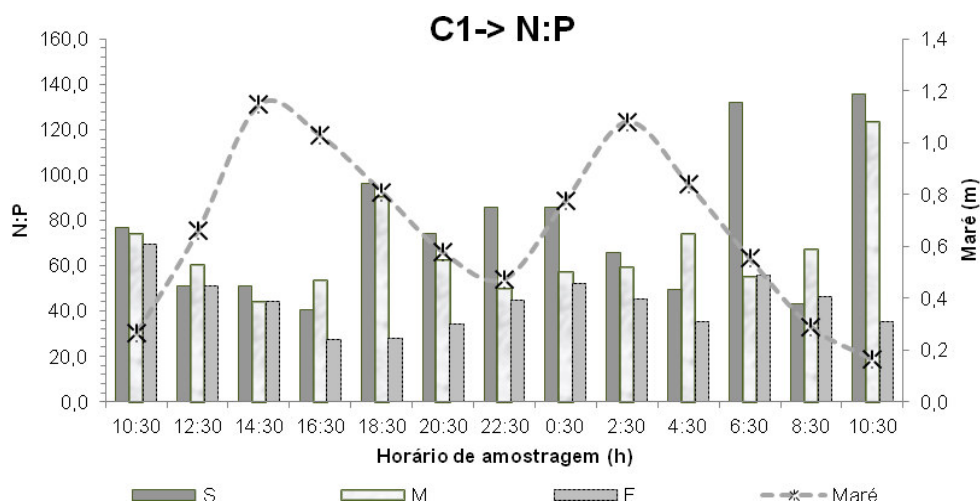


Figura 6.3.3-1: Variação da razão NID:PID para a C1 ao longo do ciclo de maré pelo horário de amostragem.

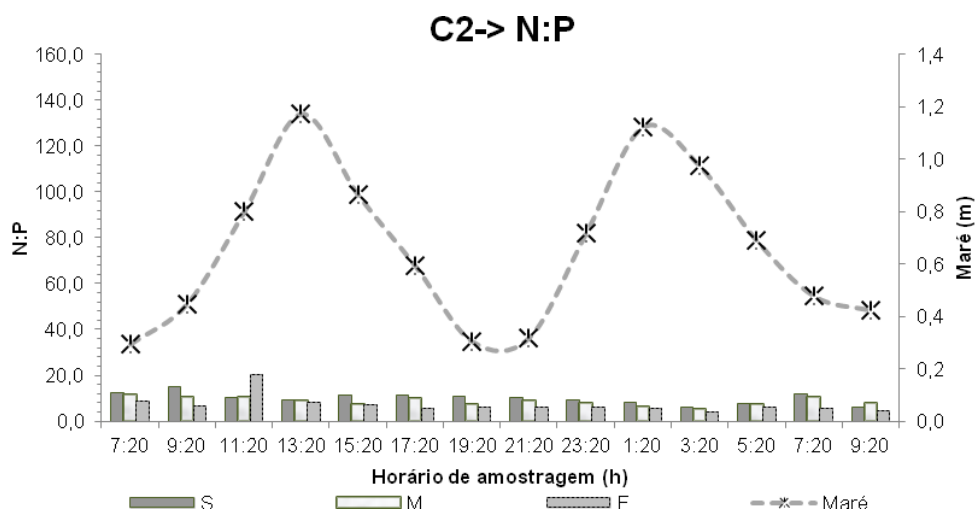


Figura 6.3.3-2: Variação da razão NID:PID para a C2 ao longo do ciclo de maré pelo horário de amostragem.

6.3.4. Pigmentos fotossintetizantes

A Chl-a é o pigmento mais abundante na comunidade fitoplanctônica, em geral, e é seu melhor marcador, é comum encontrar altos valores de Chl-a em estuários (Pereira-filho *et al.* 2001). A Chl-b é presente em maiores

concentrações em plantas superiores e clorófitas (algas verdes); e a Chl-c é encontrada em altas concentrações, assim como a Chl-a, nas algas cromófitas, que incluem as diatomáceas e os dinoflagelados (Jeffrey, 1997).

Os teores de Chl-a para a C1 variaram de $10,78 \mu\text{g L}^{-1}$ a $88,43 \mu\text{g L}^{-1}$ (Figura 6.3.4-1-I). A Chl-b variou de $1,60 \mu\text{g L}^{-1}$ a $15,68 \mu\text{g L}^{-1}$ (Figura 6.3.4-1-II) e a Chl-c de $3,89 \mu\text{g L}^{-1}$ a $18,63 \mu\text{g L}^{-1}$ em superfície (Figura 6.3.4-1-III), estes maiores teores foram observados na amostragem realizada às 12:30h, na qual a produção primária é intensificada pela alta incidência de luz.

Para a C2 os teores de Chl-a variaram de $5,88 \mu\text{g L}^{-1}$ a $86,45 \mu\text{g L}^{-1}$ (Figura 6.3.4-1-IV). A Chl-b apresentou-se abaixo do limite de detecção para algumas amostras, variando de $0,19 \mu\text{g L}^{-1}$ no fundo a $13,56 \mu\text{g L}^{-1}$ na superfície (Figura 6.3.4-1-V). A Chl-c variou de $0,10 \mu\text{g L}^{-1}$ a $31,53 \mu\text{g L}^{-1}$ ambas em superfície (Figura 6.3.4-1-VI). Há um declínio nas concentrações de clorofila conforme anoitece. Uma explicação plausível para que os teores de Chl-a terem sido maiores na C1 podem ser devido aos baixos teores de MPS comparados com os da C2, reduzindo a turbidez e proporcionando melhores condições de insolação para que o fitoplâncton realizasse a fotossíntese. Guenther (2006) encontrou valores entre $8,5 \mu\text{g L}^{-1}$ a $134,4 \mu\text{g L}^{-1}$ em superfície em um ponto fixo na desembocadura da BG, onde os teores foram aumentando conforme se aproximava o período de estratificação das massas d'água. Teores de Chl-a entre $5,1 \mu\text{g L}^{-1}$ a $22,8 \mu\text{g L}^{-1}$ foram encontrado no Estuário do Rio Camboriú-SC (Pereira-Filho *et al.*, 2001). Chen *et al.* (2004) reportou valores de Chl-a $<1,5 \mu\text{g L}^{-1}$ a $35 \mu\text{g L}^{-1}$ no Estuário do Rio Pearl na China. Observando estes valores podemos afirmar que a BG tem alta produtividade primária comparada com outros Estuários.

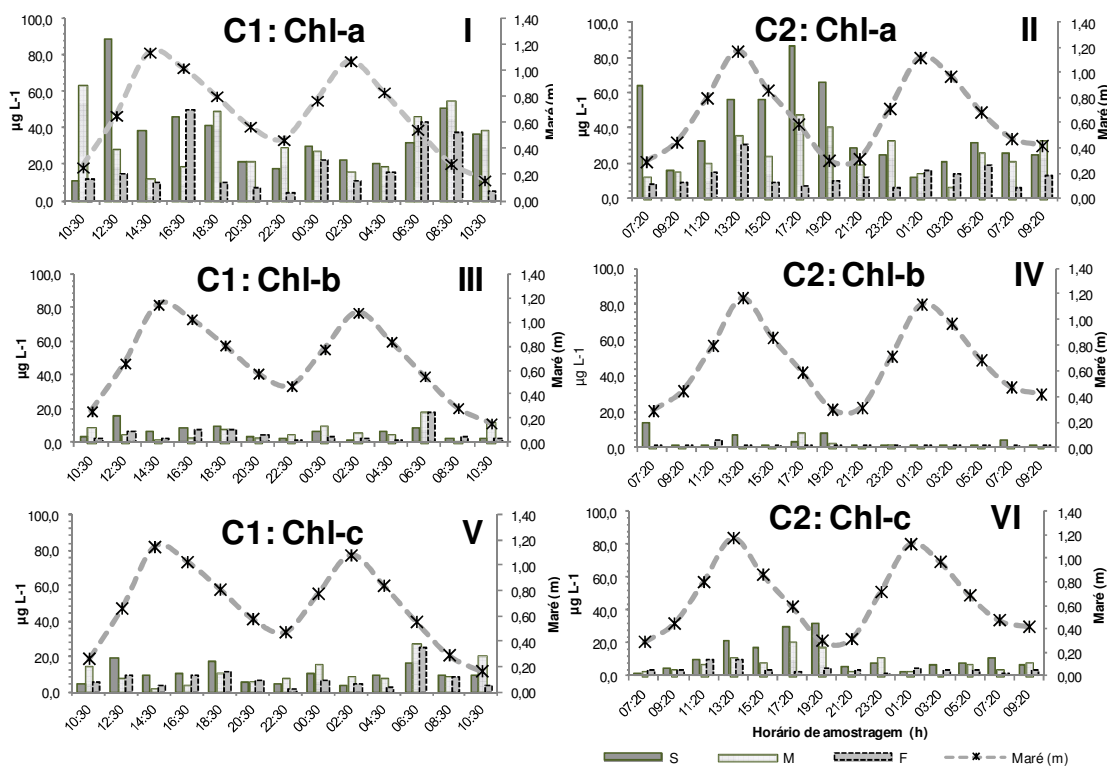


Figura 6.3.4-1: Variação em superfície (S), meia-água (M) e fundo (F) das Chl-a, Chl-b e Chl-c das campanhas C1 (I, III e V) e C2 (II, IV e VI), respectivamente, ao longo do ciclo de maré pelo horário de amostragem.

6.3.5. Abundância bacteriana

A abundância bacteriana variou de $2,73 \times 10^6$ cells mL^{-1} a $4,41 \times 10^6$ cells mL^{-1} em superfície, $2,17 \times 10^6$ cells mL^{-1} a $7,50 \times 10^6$ cells mL^{-1} em meia-água e de $1,49 \times 10^6$ cells mL^{-1} a $7,37 \times 10^6$ cells mL^{-1} no fundo para a C1 (Figura 6.3.5-1). Para a C2 o bacterioplâncton variou de $2,93 \times 10^6$ cells mL^{-1} a $5,66 \times 10^6$ cells mL^{-1} , de $4,99 \times 10^6$ a $6,84 \times 10^6$ cells mL^{-1} e de $3,40 \times 10^6$ cells mL^{-1} a $7,32 \times 10^6$ cells mL^{-1} para superfície, meia-água e fundo, respectivamente (Figura 6.3.5-2). As bactérias heterotróficas são importantes para a estrutura e dinâmica das cadeias alimentares e ciclos biogeoquímicos, elas são responsáveis pelas transformações no ciclo do carbono, entre o DOC e o POC (Azam, 1998).

Organismos heterotróficos obtêm energia através da oxidação da MO. Estes organismos podem utilizar o produto da fotossíntese tanto o dissolvido como o particulado (Engel & Macko, 1993)

Andrade *et al.* (2003) encontrou valores médios de abundância bacteriana de $1,01 \times 10^6$ cells mL^{-1} em pontos mais externos da BG e $6,90 \times 10^6$ cells mL^{-1} em pontos mais internos, isto explica a ampla variação da abundância bacteriana

quando analisada em um ciclo de maré. Sistemas estuarinos como a BG são caracterizados por alterações de micro-ambientes o que pode ser considerado um desafio no entendimento das populações bacterianas. Fatores físicos e químicos afetam direta ou indiretamente a produção e abundância bacteriana podendo alterá-los distâncias relativamente curtas. A variação de maré também ajuda na regulação da densidade bacteriana e da produção como pode ser observado nas figuras 5.5-1 e 5.5-2.

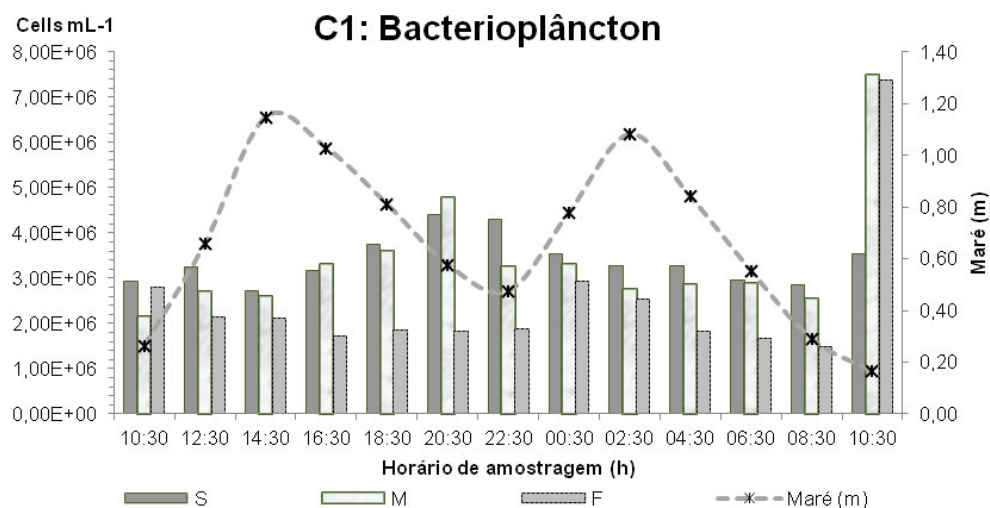


Figura 6.3.5-1: Variação do bacterioplâncton em superfície, meia-água e fundo para a C1 ao longo do ciclo de maré pelo horário de amostragem.

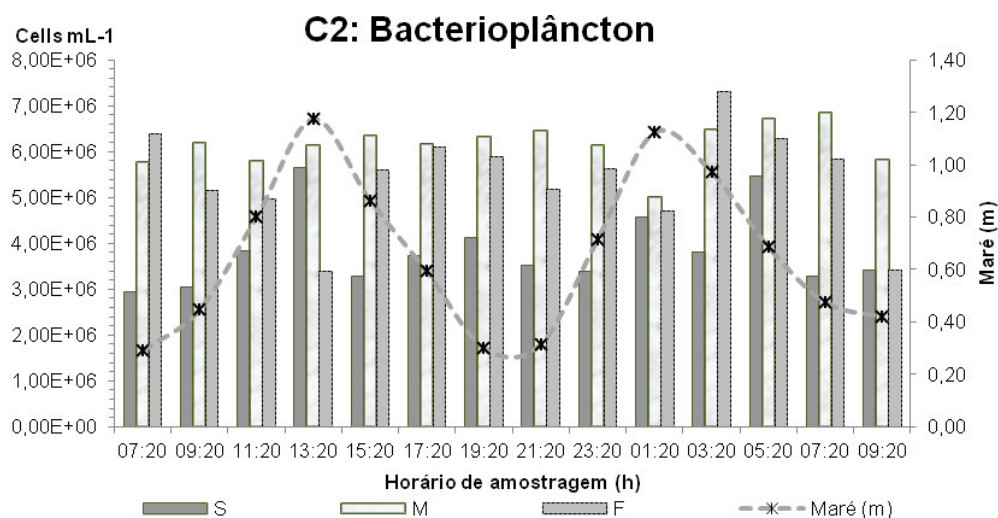


Figura 6.3.5-2: Variação do bacterioplâncton em superfície, meia-água e fundo para a C2 ao longo do ciclo de maré pelo horário de amostragem.

6.3.6. Carbono Orgânico Dissolvido

O Carbono orgânico dissolvido (COD) é uma das principais frações da MO, que se estabelece como fonte de energia nos ambientes aquáticos, podendo também influenciar em diversos processos biogeoquímicos (Grüger *et al.*, 2003).

As concentrações de COD foram, em média, superiores em superfície. Variando de 1,54 mg L⁻¹ a 415,05 mgC L⁻¹ em superfície, 1,75 mgC L⁻¹ a 212,95 mgC L⁻¹ em meia-água e de 1,49 mgC L⁻¹ a 226,32 mgC L⁻¹ no fundo para a C1 (Tabela 6.3.6-1). Para a C2 a variação foi de 2,06 mgC L⁻¹ a 561,30 mgC L⁻¹, de 1,70 mgC L⁻¹ a 5,77 mgC L⁻¹ e de 1,37 mgC L⁻¹ a 392,30 mgC L⁻¹ para superfície, meia-água e fundo, respectivamente (Tabela 6.3.6-1). Estes valores muito elevados estão relacionados a eventos isolados que podem ter sido carregados pela maré. Desconsiderando estes altos teores, em média, os teores de COD encontrados foram similares aos normalmente encontrados na boca da BG. Guenther (2006) relatou em seu trabalho teores variando entre 160 µM (~ 1,92 mgC L⁻¹) a 307 µM (~ 3,68mgC L⁻¹) em superfície e de 90 µM (~1,08 mgC L⁻¹) a 168 µM (~2,01 mgC L⁻¹) a 20 metros de profundidade na boca da BG. Dados similares a estes foram encontrado para o estuário do Rio Pearl na China (Chen *et al.*, 2004). Em estuários europeus considerados poluídos, como o de Sheldt na Bélgica e do rio Thames na Inglaterra, as concentrações médias estiveram em torno de 5,8 mgCL⁻¹ a 6,8 mgCL⁻¹, enquanto que para estuários não impactados, como os de Gironde na França e Douro em Portugal, entre 2,5 mgCL⁻¹ a 3,1 mgCL⁻¹ (Abril, *et al.* 2002), sendo assim, se fossem desprezados os valores discrepantes encontrados, a BG, apesar dos impactos antrópicos sofridos, em termos de COD, se encontra na faixa típica de estuários não-poluídos. As altas concentrações de COD encontradas em maré enchente podem estar relacionadas com a descarga do emissário submarino de Icaraí que deságua no canal central mais para fora do ponto amostrado. Em alguns horários a emissão pode ser mais intensa devido ao uso doméstico, quando as pessoas estão em casa, ou até mesmo em restaurantes ou estabelecimentos públicos, que descartam grandes volumes de resíduos.

Tabela 6.3.6-1: Dados de COD para superfície, meia-água e fundo para C1 e C2.

COD (mg L ⁻¹)							
C1				C2			
Hora	S	M	F	Hora	S	M	F
10:30	2,76	2,77	156,68	07:20	3,52	3,25	47,17
12:30	2,80	2,65	2,29	09:20	3,77	5,75	1,94
14:30	2,58	2,28	226,32	11:20	118,40	5,44	392,30
16:30	118,93	3,08	2,03	13:20	2,55	2,43	2,38
18:30	2,40	2,61	2,06	15:20	3,70	1,70	2,19
20:30	88,59	3,06	1,54	17:20	12,72	2,11	2,40
22:30	2,74	2,06	1,49	19:20	3,97	2,89	10,42
00:30	1,97	1,98	2,05	21:20	561,30	2,63	1,39
02:30	415,04	1,75	1,98	23:20	2,33	1,92	2,15
04:30	2,19	212,95	1,50	01:20	2,23	1,90	1,44
06:30	1,54	1,83	1,67	03:20	2,28	2,59	1,85
08:30	2,19	2,55	1,53	05:20	2,06	1,88	1,37
10:30	2,57	2,10	1,52	07:20	2,83	2,23	2,29

6.3.7.Composição Elemental e Isotópica

6.3.7.1.Carbono Orgânico Particulado e Nitrogênio Particulado

As concentrações de COP para a C1 estiveram na faixa de 0,52 mgC L⁻¹ a 2,30 mgC L⁻¹ para superfície, de 0,51 mgC L⁻¹ a 1,99 mgC L⁻¹ para meia-água e de 0,35 mgC L⁻¹ a 0,95 mgC L⁻¹ para fundo (Figura 6.3.7.1-1). As variações de DOC para a C2 foram de 0,83 mgC L⁻¹ a 1,94 mgC L⁻¹, 0,73 mgC L⁻¹ a 1,63 mgC L⁻¹, 0,33 mgC L⁻¹ a 0,91 mgC L⁻¹, respectivamente para superfície, meia-água e fundo (Figura 6.3.7.1-2). Guenther *et al.* (2008) encontrou teores de COP variando de 1,40 a 1,68 mgC L⁻¹ para superfície em ponto próximo a desembocadura da BG. Teores entre 2,67 mgC L⁻¹ e 3,19 mgC L⁻¹ foram reportados por Kalas *et al.* (2009) em uma estação adjacente à do presente trabalho.

Para o NP as concentrações variaram de 0,10 mgN L⁻¹ a 0,44 mgN L⁻¹ em superfície, de 0,10 mgN L⁻¹ a 0,33 mgN L⁻¹ em meia-água e de 0,07 mgN L⁻¹ a 0,28 mgN L⁻¹ no fundo para a C1 (Figura 6.3.7.1-1). Para a C2 foram de 0,17mgN L⁻¹ a 0,36 mgN L⁻¹ 0,14 a 0,29 mgN L⁻¹ 0,07 mgN L⁻¹ a 0,15 mgN L⁻¹ para superfície, meia-água e fundo respectivamente (Figura 6.3.7.1-2).

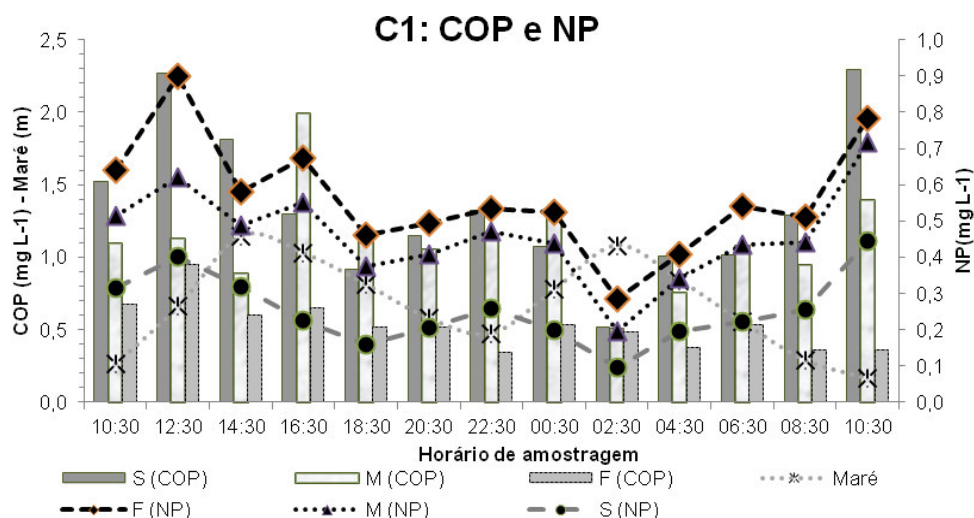


Figura 6.3.7.1-1: Variação de COP e NP em superfície, meia-água e fundo para C1 ao longo do ciclo de maré pelo horário de amostragem.

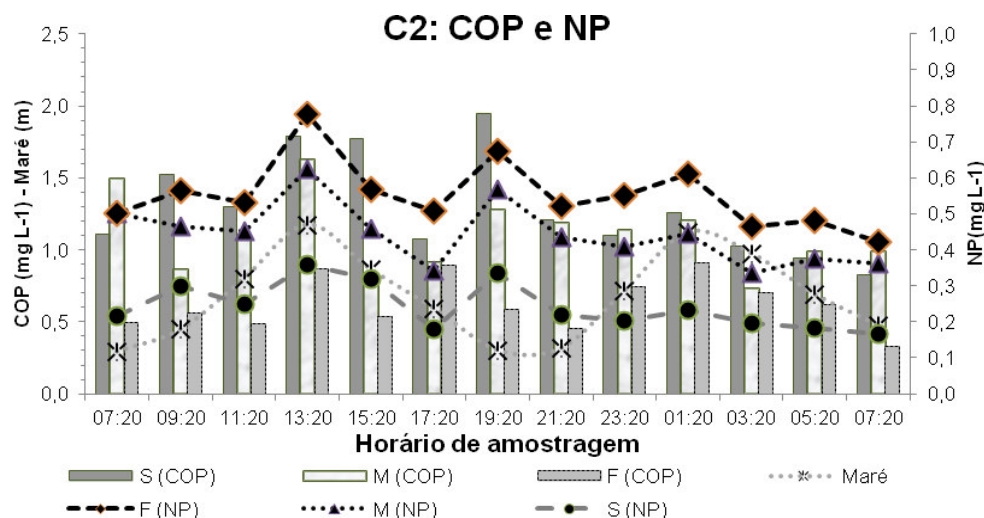


Figura 6.3.7.1-2: Variação de COP e NP em superfície, meia-água e fundo para C2 ao longo do ciclo de maré pelo horário de amostragem.

6.3.7.2. Razão C/N

A razão C/N para ambas as campanhas apresentou uma média de 4,4 variando de 3,42 a 6,20 (Figuras 6.3.7.2-1 6.3.7.2-2) indicando predomínio de MO autóctone, isto é, formada principalmente por fitoplâncton (C/N:6,6) e bacterioplâncton (C/N: 5) (Goldman *et al.*, 1987; Findlay *et al.*, 1991). Segundo Meyers (1994) razões entre 4 e 10 indicam que a MO é, predominantemente, originada de algas. Há relatos de que há um aumento dessas razões de acordo com o aumento da produtividade primária (Mackenzie, 1985; Andrews *et al.*, 1998). Kalas *et al.* (2009) observou valores médios de 6,7 em MPS para a BG,

relacionados também com o metabolismo de organismos autotróficos. Observando os resultados é plausível indicar que a origem da MO para a BG tem predomínio de algas e bactérias devido a faixa de variação das razões encontradas.

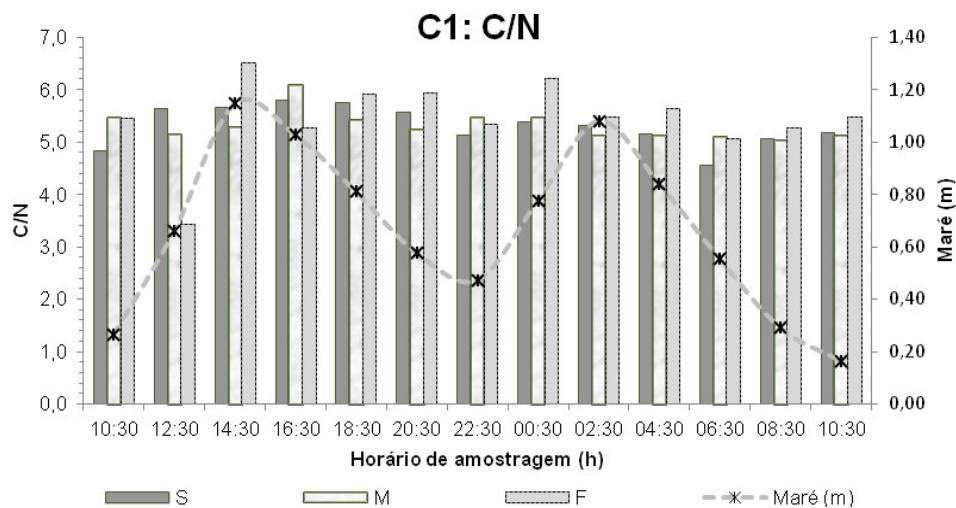


Figura 6.3.7.2-1: Variação da razão C/N em superfície, meia-água e fundo para C1 ao longo do ciclo de maré pelo horário de amostragem.

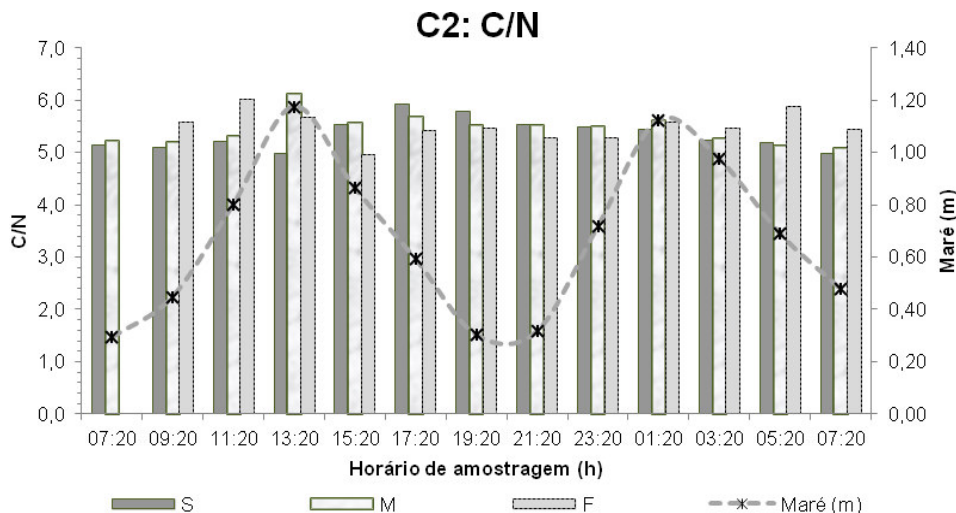


Figura 6.3.7.2-2: Variação da razão C/N em superfície, meia-água e fundo para C2 ao longo do ciclo de maré pelo horário de amostragem.

6.3.7.3. Razão Isotópica $\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{15}\text{N}$

A composição isotópica $\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{15}\text{N}$ da MO do MPS estudada está apresentada nas tabelas 6.3.7.3-1 e 6.3.7.3-2. De acordo com os resultados apresentados é possível verificar uma predominância de contribuição marinha,

ou seja, de origem fitoplanctônica. A assinatura isotópica do carbono é citada em diversas referências como uma variação entre -19‰ a -25‰ para MO de origem marinha (Mahiques *et al.*, 2005). Na C1, as composições de $\delta^{13}\text{C}$ variaram entre -20,08‰ e -23,43‰ (Tabela 6.3.7.3-1), composições como esta podem estar vinculadas ao carbono de origem de esgoto doméstico que pode ter influenciado na produção primária. Matsuura & Wada (1995) reportou valores entre -20,5‰ a -21,10‰ para o fitoplâncton na região de Ubatuba-SP, valores similares aos encontrados no presente trabalho. Para a C2 os valores obtidos como -16,40‰ (Tabela 6.3.7.3-2) expressa uma forte influência de MO marinha, muito mais do que expressada na C1. O enriquecimento do isótopo mais leve reflete uma grande atividade fotossintética para a C2. Segundo Cifuentes *et al.* (1988) períodos de máxima produtividade, principalmente com a ocorrência de afloramentos de algas é possível observar valores na faixa de -18‰ a -12‰.

Fatores como presença de fontes antropogênicas, natureza da vegetação, e intensidade dos processos de mineralização e humificação podem proporcionar alterações nas razões isotópicas de carbono (Saliot *et al.* 1988).

Para a composição isotópica $\delta^{15}\text{N}$ na C1 foram observados valores entre 2,32‰ a 7,11‰ (Tabela 6.3.7.3-1) e para C2 variou de 6,19‰ a 11,08‰ (Tabela 6.3.7.3-2). Valores entre 0‰ e 3‰ podem ser explicados a partir da dinâmica dos compostos inorgânicos de nitrogênio ocorrendo a fixação do N_2 . Além disso, o principal mecanismo de incorporação do nitrogênio no mar ocorre pelo processo de nitrato redução feito pelo fitoplâncton variando de -2 a 4‰ (Summons, 1993). Valores entre 7 e 11 são encontrados principalmente quando o nitrato é o nutriente limitante (Foguel & Cifuentes, 1993). Em períodos de maior produtividade primária os organismos fitoplanctônicos utilizam o nitrato disponível tendendo a serem enriquecidos no isótopo mais pesado (Meyers *et al.*, 1998), isto é corroborado com o teor de nitrato ter sido menor para a C2, a qual obteve valores de $\delta^{15}\text{N}$ mais elevados. Em regiões tropicais, processos como assimilação de nutrientes, nitrificação, desnitrificação e amonificação, influenciam diretamente na disponibilidade do nitrogênio em isótopos mais leves ou mais pesados (Thorthon & McManus, 1994). Mesmo assim, valores mais negativos estão relacionados à fixação microbiana do nitrogênio ou à inclusão de tecidos de plantas terrestres no SPM (Foguel & Cifuentes, 1993).

Tabela 6.3.7.3-1: Dados de $\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{15}\text{N}$ para superfície, meia-água e fundo para a C1.

C1	S		M		F	
Hora	$\delta^{13}\text{C}$	$\delta^{15}\text{N}$	$\delta^{13}\text{C}$	$\delta^{15}\text{N}$	$\delta^{13}\text{C}$	$\delta^{15}\text{N}$
10:30	-20,75	7,11	-21,26	6,57	-21,78	6,44
12:30	-21,31	4,06	-23,39	4,99	-21,87	5,83
14:30	-20,83	4,03	-21,69	4,67	-22,45	ND
16:30	-21,51	5,32	-21,21	2,32	-21,64	5,05
18:30	-21,11	5,32	-21,09	4,72	-21,92	5,50
20:30	-22,45	5,90	-21,14	6,04	-21,65	5,60
22:30	-23,43	4,95	-20,80	3,24	-21,25	6,34
00:30	-20,81	3,86	-20,82	3,27	-21,50	5,50
02:30	-21,12	4,77	-22,29	4,72	-22,13	4,64
04:30	-20,94	ND	-21,19	4,70	-21,87	5,67
06:30	-20,46	5,14	-20,54	2,17	-20,58	3,74
08:30	-20,34	5,07	-20,34	4,55	-21,48	6,10
10:30	-20,50	5,49	-20,08	3,32	-21,03	5,29

Tabela 6.3.7.3-2: Dados de $\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{15}\text{N}$ para superfície, meia-água e fundo para a C2.

C2	S		M		F	
Hora	$\delta^{13}\text{C}$	$\delta^{15}\text{N}$	$\delta^{13}\text{C}$	$\delta^{15}\text{N}$	$\delta^{13}\text{C}$	$\delta^{15}\text{N}$
07:20	-17,37	7,90	-17,89	8,03	-20,44	6,25
09:20	-18,07	7,63	-17,90	8,27	-19,90	6,45
11:20	-18,11	9,03	-20,59	6,19	-17,90	9,53
13:20	-17,78	9,82	-18,08	9,67	-20,30	8,05
15:20	-17,29	11,08	-19,42	8,01	-19,77	7,50
17:20	-18,49	10,12	-18,25	9,07	-18,55	8,82
19:20	-16,40	10,35	-17,14	10,48	-19,40	9,49
21:20	-17,16	10,18	-17,22	8,99	-19,83	7,50
23:20	-17,35	10,04	-18,18	9,41	-19,36	8,68
01:20	-17,63	9,88	-18,07	9,36	-18,59	8,80
03:20	-18,34	9,58	-18,84	9,26	-17,90	7,58
05:20	-17,19	10,05	-17,01	8,99	-19,89	6,96
07:20	-20,03	8,99	-17,20	8,89	-19,32	7,95

6.4. Tratamentos Estatísticos

Após a descrição dos resultados foram realizados testes estatísticos como Kruskal-Wallis e teste-F (ANOVA) (Statistica 10) comparando os dados entre profundidades entre as duas campanhas para saber se havia correlação

estatisticamente significativa entre elas, a um nível de significância $p < 0,05$. Os resultados destes testes estão descritos a seguir a fim de explicar estatisticamente a descrição dos dados.

Para a $T^{\circ}\text{C}$ foi possível observar uma diferença significativa entre as duas campanhas (Figura 6.4-1), porém para a C1 não há diferença significativa entre as profundidades e os dados de $T^{\circ}\text{C}$ são muito semelhantes entre si. Para a C2 há uma tendência conforme aumenta a profundidade diminui a $T^{\circ}\text{C}$ este padrão demonstra a influência de águas mais frias vindas do fenômeno de ressurgência como explicado anteriormente, a campanha foi feita no mês de novembro, o qual já recebe essas águas da ACAS.

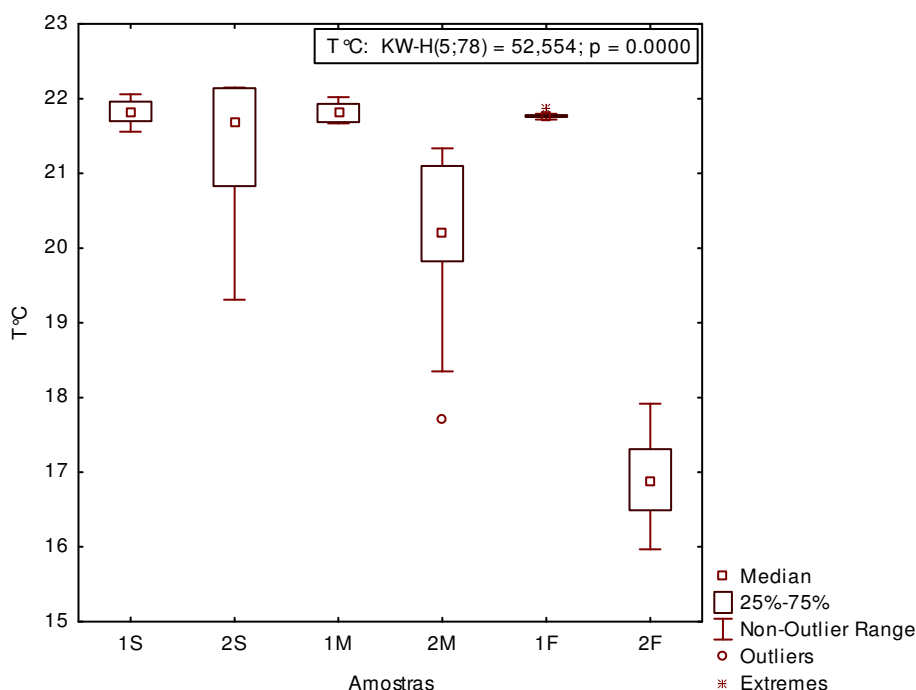


Figura 6.4-1: Boxplot da $T^{\circ}\text{C}$ entre as profundidades superfície (S), meia-água (M) e fundo (F) entre C1 e C2.

Assim como a $T^{\circ}\text{C}$, o pH variou pouco entre as profundidade na C1, mantendo-se próximo de 8 com valores discrepantes para superfície e extremos para a meia-água e fundo. Logo, para C2 foi observado uma diminuição ao longo da coluna d'água sendo observando valor extremo junto ao fundo. Esta tendência é esperada para sistemas estuarinos. Há diferença significativa entre as C1 e C2 (figura 6.4-2).

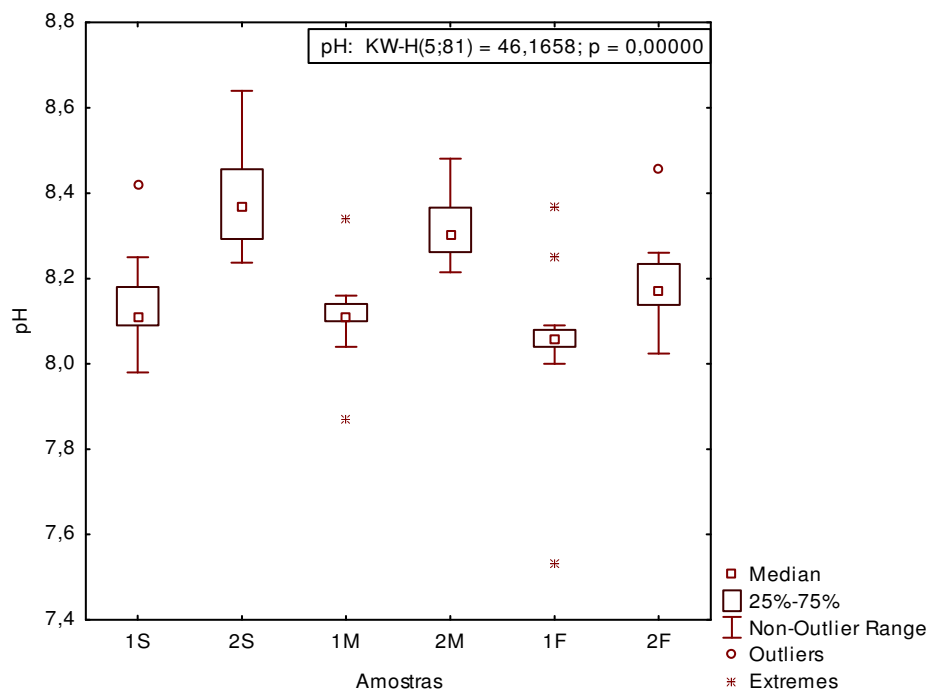


Figura 6.4-2: Boxplot do pH entre as profundidades superfície (S), meia-água (M) e fundo (F) entre C1 e C2.

O OD apresentou-se significativamente diferente entre as campanhas, valores mais elevados foram encontrados na C1 (Figura 6.4-3) para esta mesmo campanha valores extremos e discrepantes foram ressaltados junto ao fundo. Porém, para ambas as campanhas houve uma tendência de que com o aumento da profundidade declinava a concentração de OD.

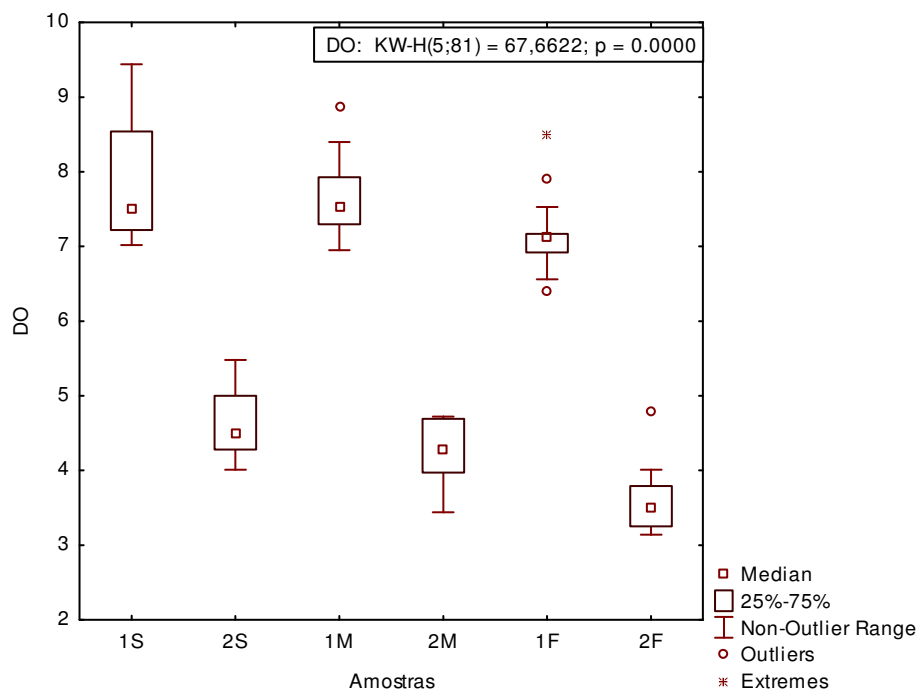


Figura 6.4-3: Boxplot do OD entre as profundidades superfície (S), meia-água (M) e fundo (F) entre C1 e C2.

A Salinidade apresentou-se diferente significativamente entre as campanhas. Para a C1 a salinidade variou pouco entre superfície e meia-água, mas apresentou um aumento no fundo (Figura 6.3-4). Para a C2 os teores de salinidade foram dispostos diretamente proporcionais à profundidade.

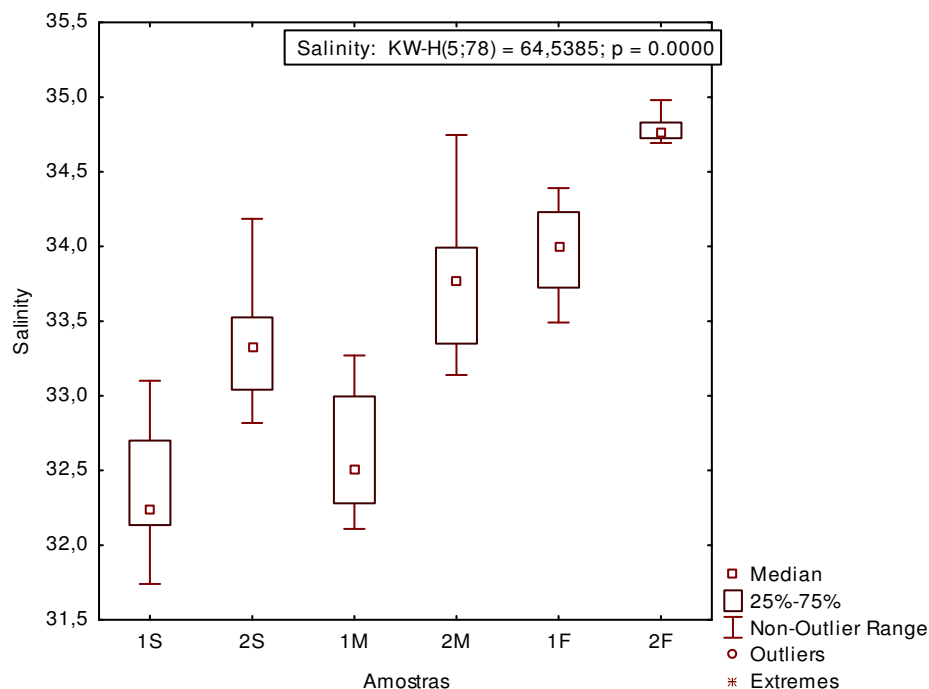


Figura 6.4-4: Boxplot da Salinidade entre as profundidades superfície (S), meia-água (M) e fundo (F) entre C1 e C2.

O MPS variou pouco entre as profundidades para cada campanha, todavia variou na mesma profundidade (Figura 6.4-5) principalmente no fundo da C1. Para a C2 valores discrepantes foram vistos em superfície e meia-água, no fundo houve uma ligeira variação entre o mínimo e o máximo. Diferença significativa foi observada entre as campanhas.

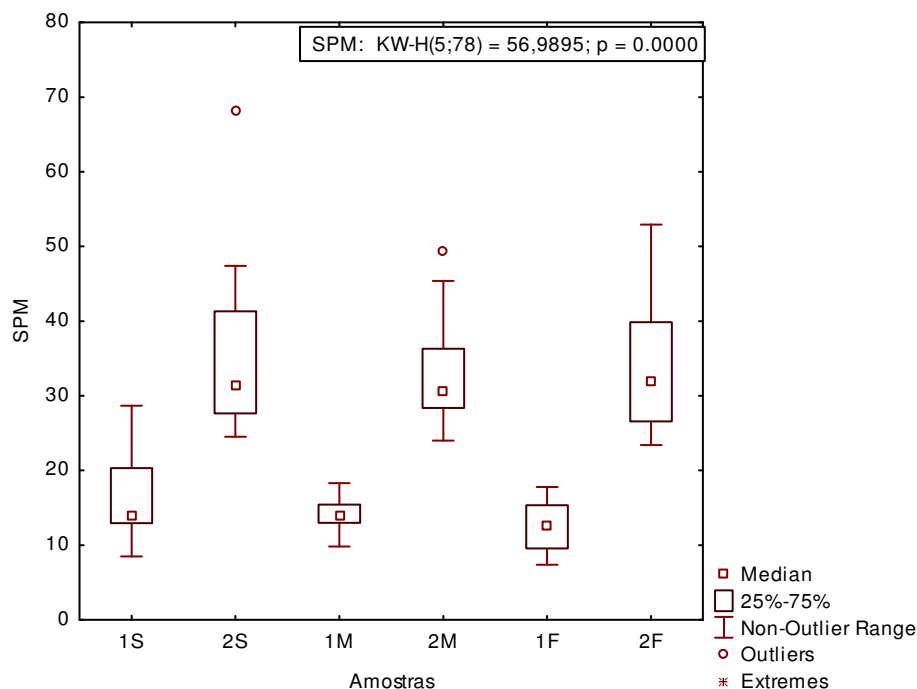


Figura 6.4-5: Boxplot do MPS entre as profundidades superfície (S), meia-água (M) e fundo (F) entre C1 e C2.

A Chl-a apresentou significativa diferença sazonal, porém menor se comparada aos outros parâmetros ($p < 0,00003$), obtendo ampla variação para cada profundidade, especialmente na superfície da C1, onde concentrações menores foram obtidas nas amostragens realizadas a noite. Para a C1 os valores de meia-água foram um pouco mais elevados que de superfície e diminuindo no fundo, teores discrepantes de Chl-a foram notados em superfície e fundo. Para a C2 ocorreu uma tendência com a profundidade (Figura 6.4-6) havendo uma ampla faixa de valores em superfície e discrepantes no fundo.

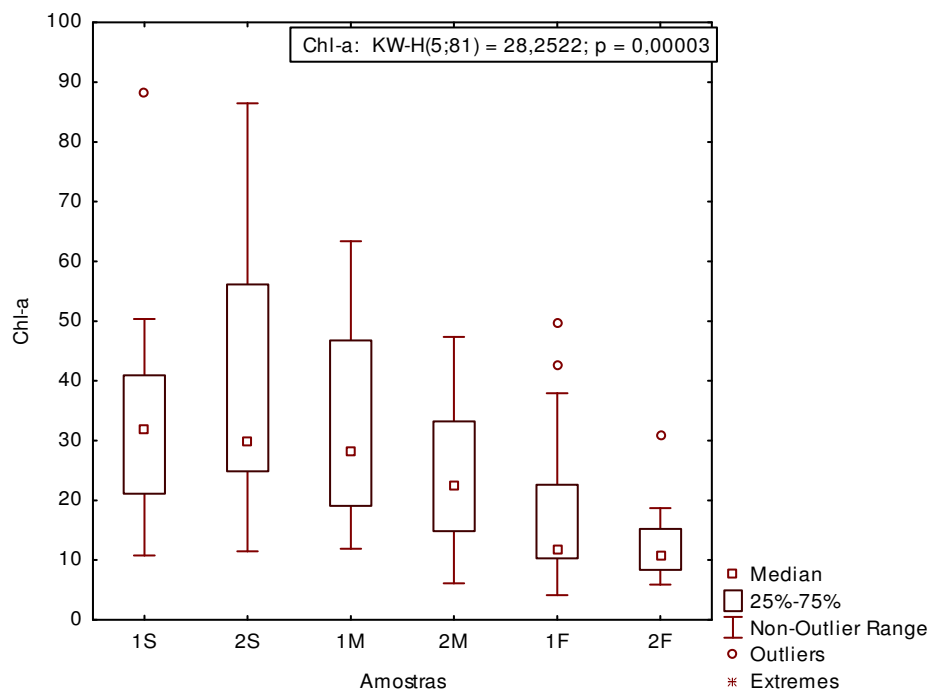


Figura 6.4-6: Boxplot da Chl-a entre as profundidades superfície (S), meia-água (M) e fundo (F) entre C1 e C2.

A Chl-b demonstrou diferença significativa entre as campanhas, porém não demonstrou diferenças significativas entre as profundidades da mesma campanha, apenas valores discrepantes em meia-água e fundo da C1. Para a C2 foram observados valores discrepantes em superfície e fundo (Figura 6.4-7). As concentrações de Chl-b foram menores que das outras clorofilas, provavelmente, a abundância de algas verdes foi menor do que as cromófitas, principalmente para a C2.

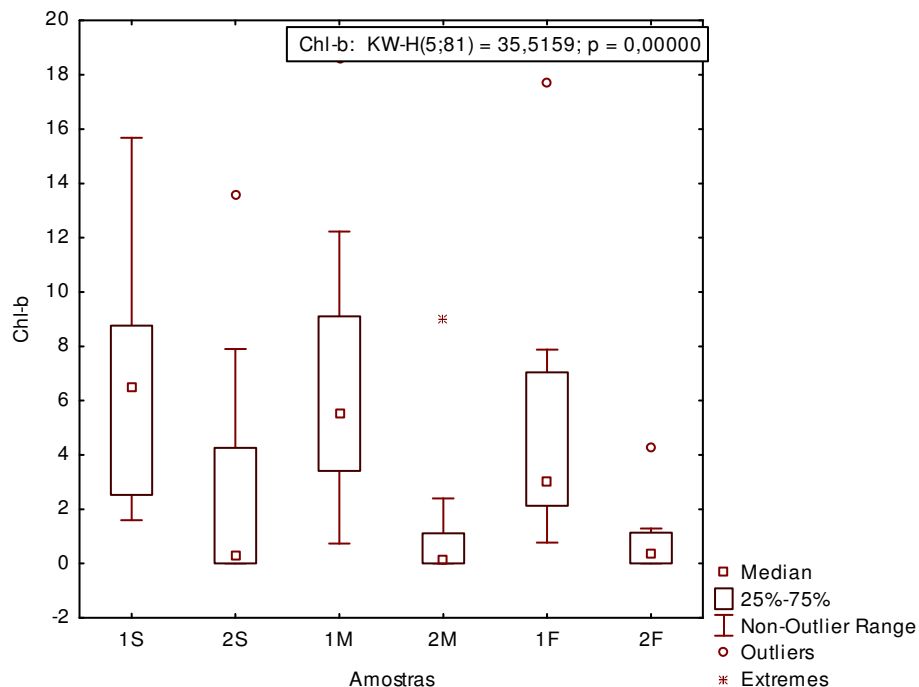


Figura 6.4-7: Boxplot da Chl-b entre as profundidades superfície (S), meia-água (M) e fundo (F) entre C1 e C2.

A Chl-c obteve uma variação sazonal menos pronunciada, porém foram observados valores relativamente elevados, principalmente para a C2, que pode ter sido a de diatomáceas e dinoflagelados, sugerindo que possa ter ocorrido o fenômeno de maré vermelha. Extremos de concentração ocorreram no fundo para a C2 e discrepantes em meia-água e fundo para a C1 (Figura 6.4-8).

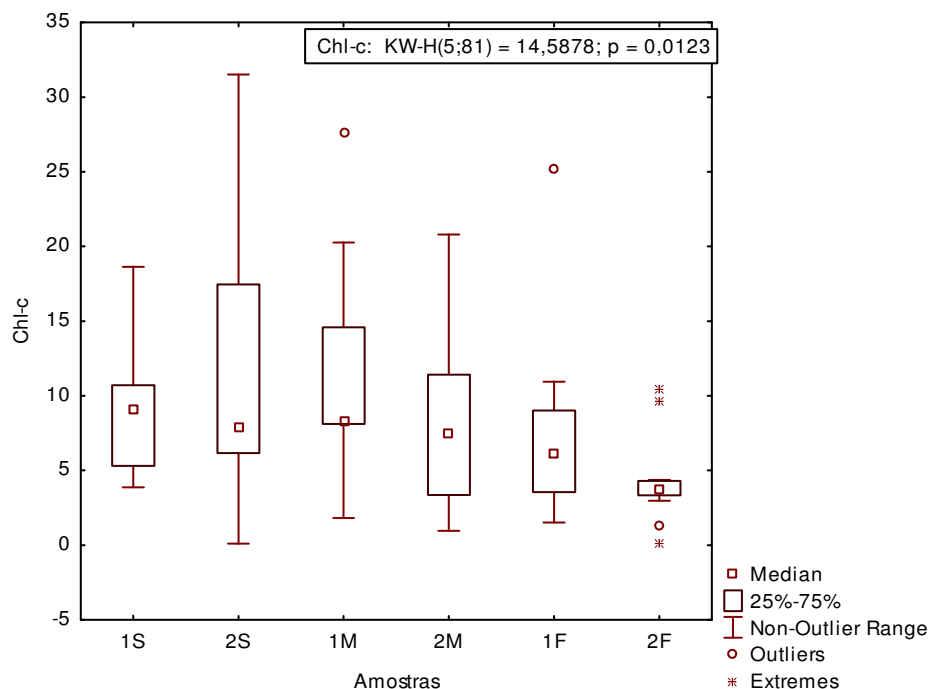


Figura 6.4-8: Boxplot da Chl-c entre as profundidades superfície (S), meia-água (M) e fundo (F) entre C1 e C2.

O N-NH_4^+ obteve variação sazonal significativa. Entre a superfície e meia-água das duas campanhas pouca variação ocorreu, entretanto, valores discrepantes foram observados no fundo da C1 assim como valores extremos para a C2 também foram vistos (Figura 6.4-9). Uma queda na concentração foi observada com a profundidade.

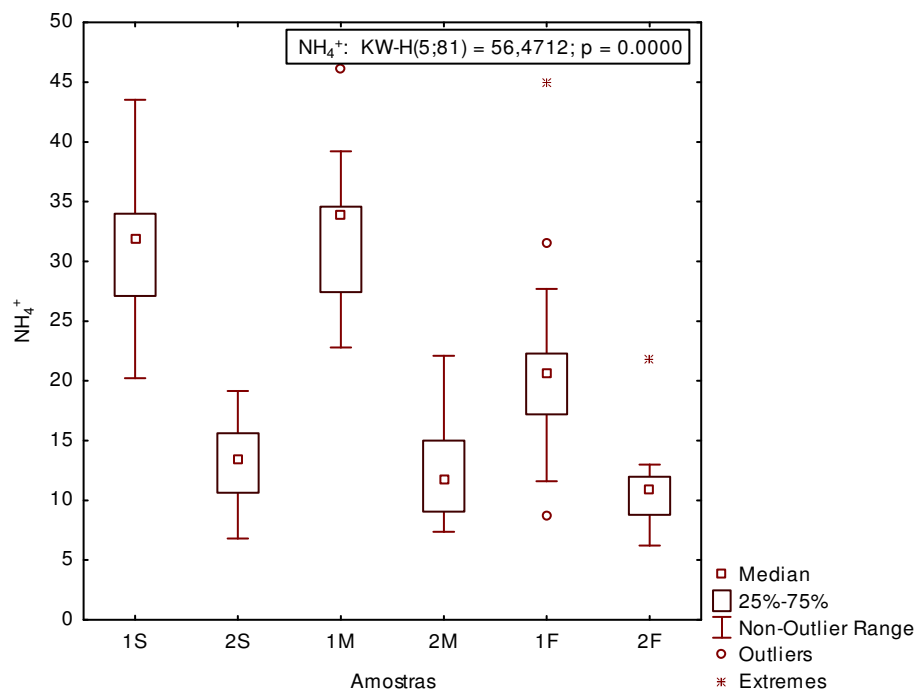


Figura 6.4-9: Boxplot do NH_4^+ entre as profundidades superfície (S), meia-água (M) e fundo (F) entre C1 e C2.

O N-NO_2^- variou significativamente entre as estações, com tendência a diminuir com a profundidade em ambas as campanhas (Figura 6.4-10). Na C1 apresentou valores discrepantes em superfície. Para a C2 as concentrações em superfície e meia-água foram mais elevadas que para C1, porém, no fundo foram menores demonstrando valores discrepantes.

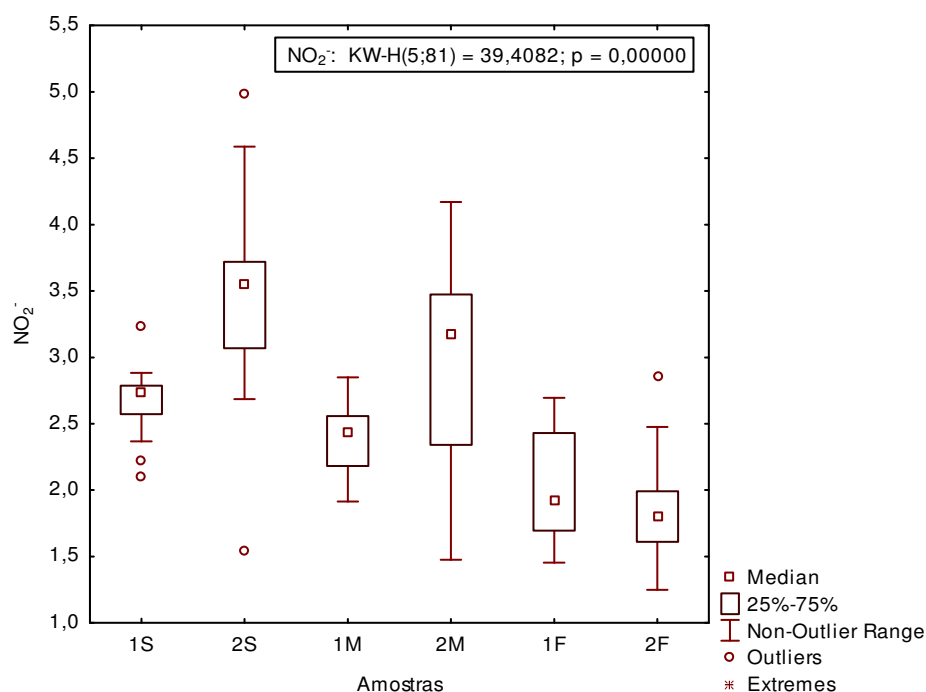


Figura 6.4-10: Boxplot do NO₂⁻ entre as profundidades superfície (S), meia-água (M) e fundo (F) entre C1 e C2.

O N-NO₃⁻ demonstrou diferença estatística entre as campanhas, com $p < 0,0345$ (Figura 6.4-11). Para a C1, os teores em superfície e meia-água foram similares, todavia, com valor discrepante em superfície e extremo a 50 metros de profundidade. Para a C2, as medianas ficaram bem próximas entre as três profundidades, entretanto valores extremos foram observados para todas elas.

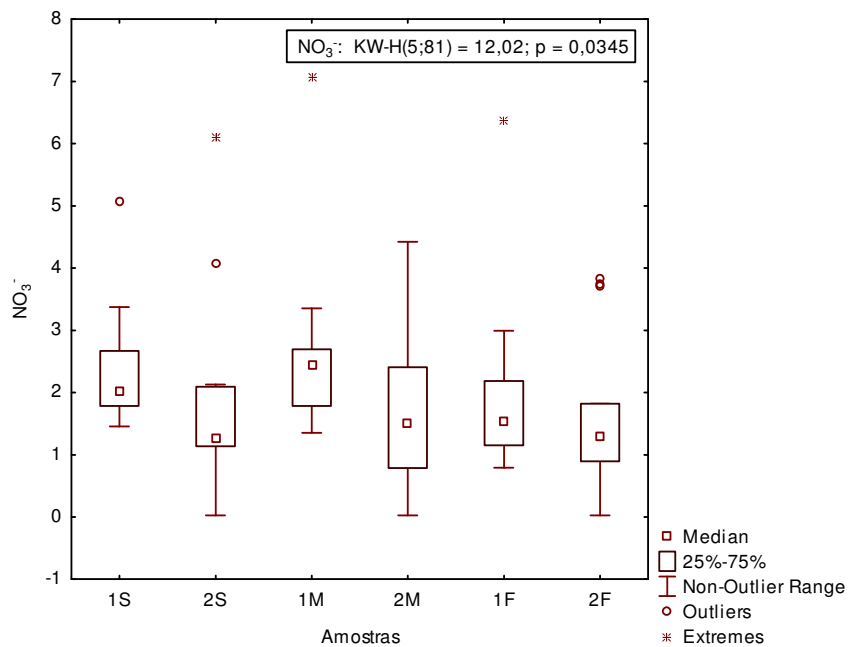


Figura 6.4-11: Boxplot do NO_3^- entre as profundidades superfície (S), meia-água (M) e fundo (F) entre C1 e C2.

O Pinorg constituiu diferença significativa entre as campanhas valores mais elevados foram observados para a C2 com uma tendência de aumentar com a profundidade. Para a C1 meia-água e fundo demonstraram-se parecidos (Figura 6.4-12).

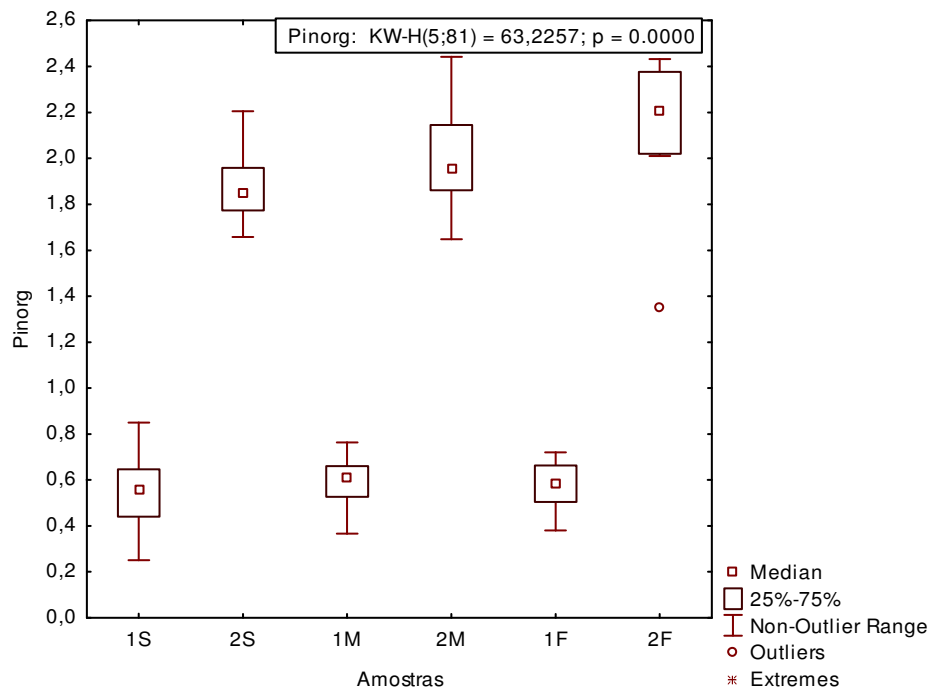


Figura 6.4-12: Boxplot do Pinorg entre as profundidades superfície (S), meia-água (M) e fundo (F) entre C1 e C2.

O COD apresentou diferença estatística entre as estações com $p < 0,0218$ (Figura 6.4-13). Valores muito extremos foram observados para as três profundidades das duas campanhas, com exceção da meia-água da C2 que os valores ficaram semelhantes entre si.

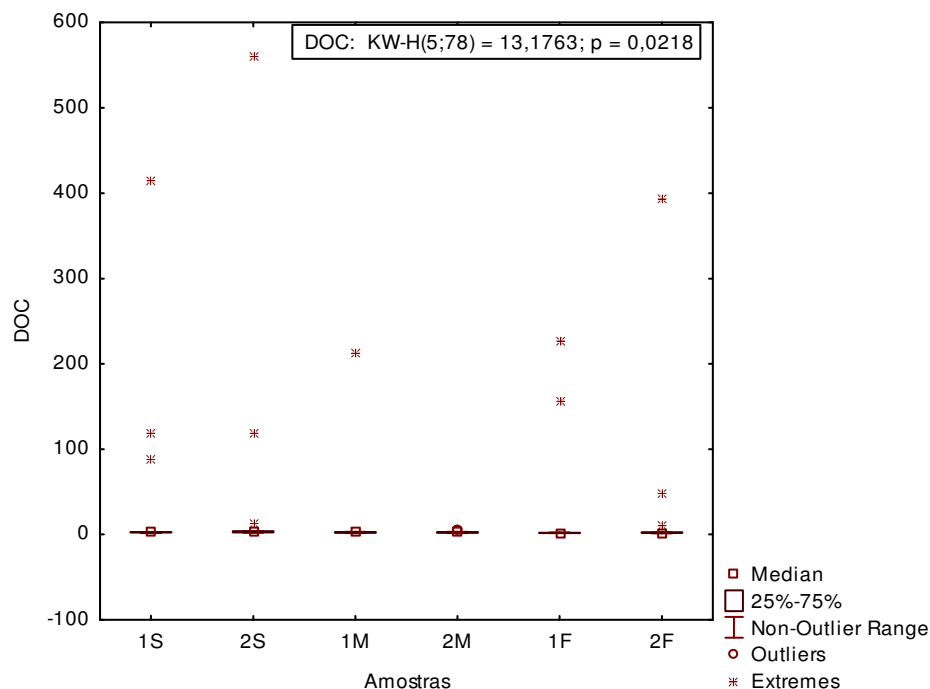


Figura 6.4-13: Boxplot do COD entre as profundidades superfície (S), meia-água (M) e fundo (F) entre C1 e C2.

O COP e o NP demonstraram diferenças significativas entre as campanhas devido à ampla distribuição de valores numa mesma profundidade como pode ser visto para a superfície da C1 (Figuras 6.4-14 e 6.4-15), pois as medianas entre as profundidades não variaram muito de uma campanha para a outra. Valores discrepantes foram observados para as três profundidades da C1 e para a meia-água da C2.

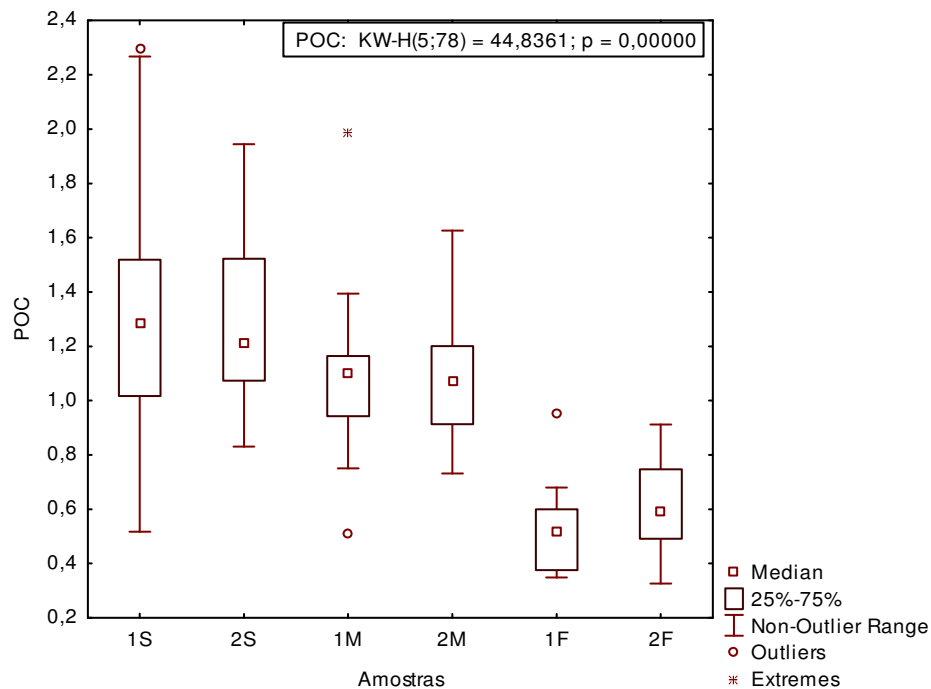


Figura 6.4-14: Boxplot do COP entre as profundidades superfície (S), meia-água (M) e fundo (F) entre C1 e C2.

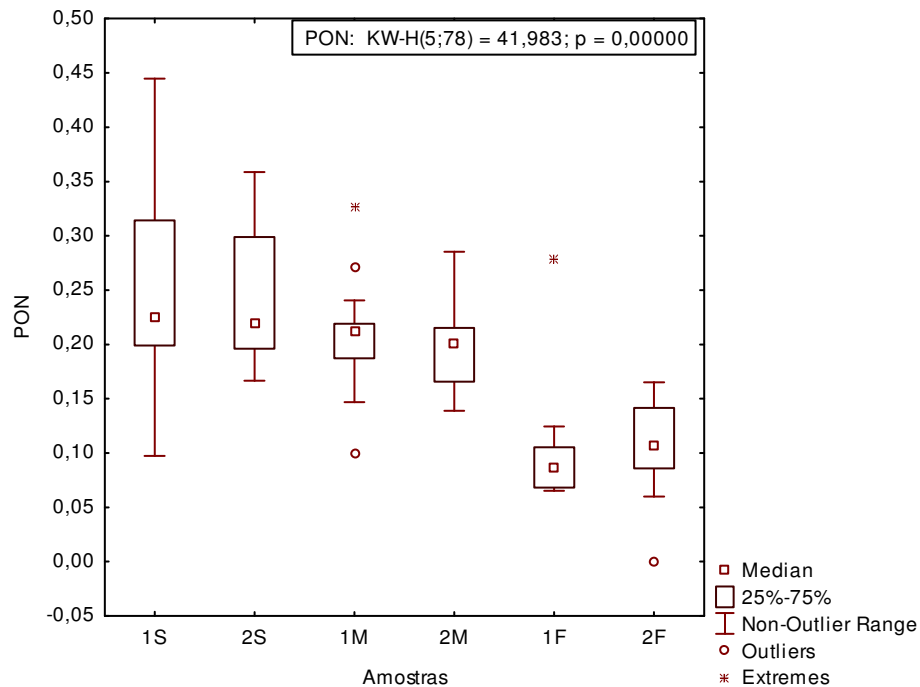


Figura 6.4-15: Boxplot do NP entre as profundidades superfície (S), meia-água (M) e fundo (F) entre C1 e C2.

O $\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{15}\text{N}$ diferenciaram-se significativamente entre as campanhas (Figuras 6.4-16 e 6.4-17), onde para a C1 as razões de carbono foram mais negativos comparados com a C2 e as razões de nitrogênio foram menores.

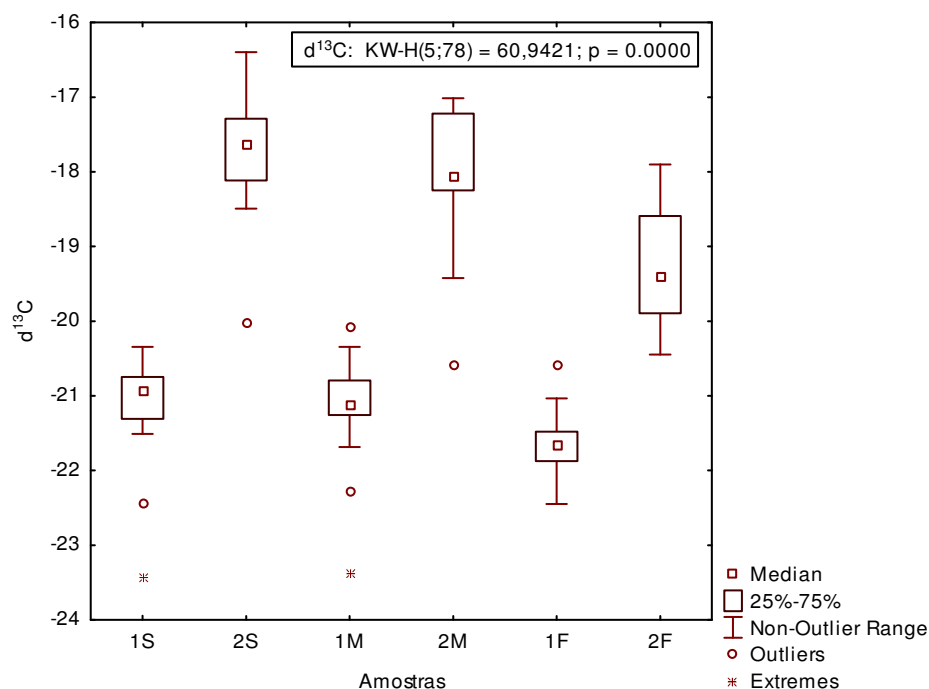


Figura 6.4-16: Boxplot da $\delta^{13}\text{C}$ entre as profundidades superfície (S), meia-água (M) e fundo (F) entre C1 e C2.

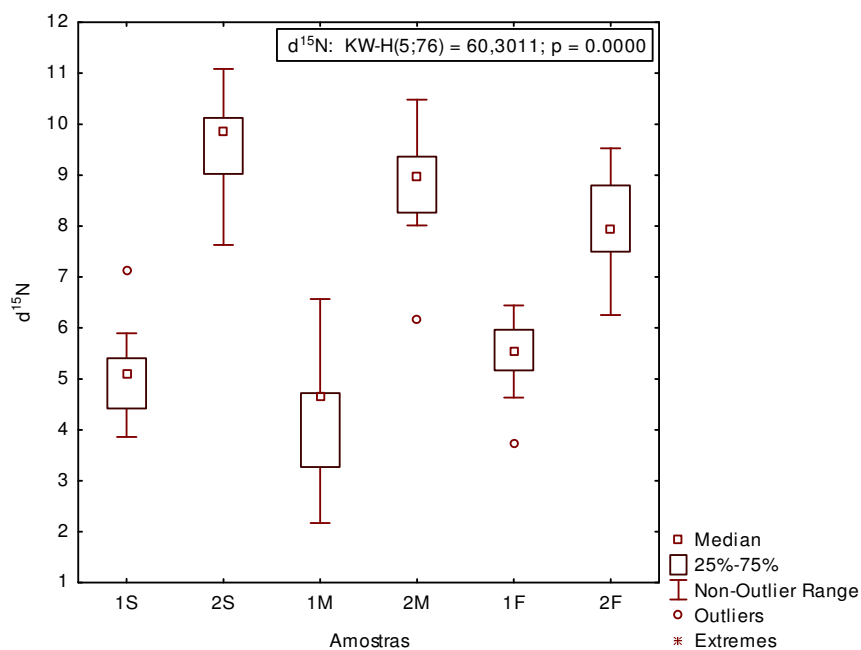


Figura 6.4-17: Boxplot da $\delta^{15}\text{N}$ entre as profundidades superfície (S), meia-água (M) e fundo (F) entre C1 e C2.

[illegible]

Figura 6.4-18: Correlação entre a Salinidade e T°C das amostras de superfície, meia-água e fundo para a C1 e C2.

Para a correlação do OD com a T°C para a C2 foi linear, diretamente proporcional, conforme aumentava a profundidade diminui a T°C e o OD. Para a C1 ocorreu pouca variação de T°C com a profundidade, porém, o OD varou verticalmente com a profundidade (Figura 6.4-19).

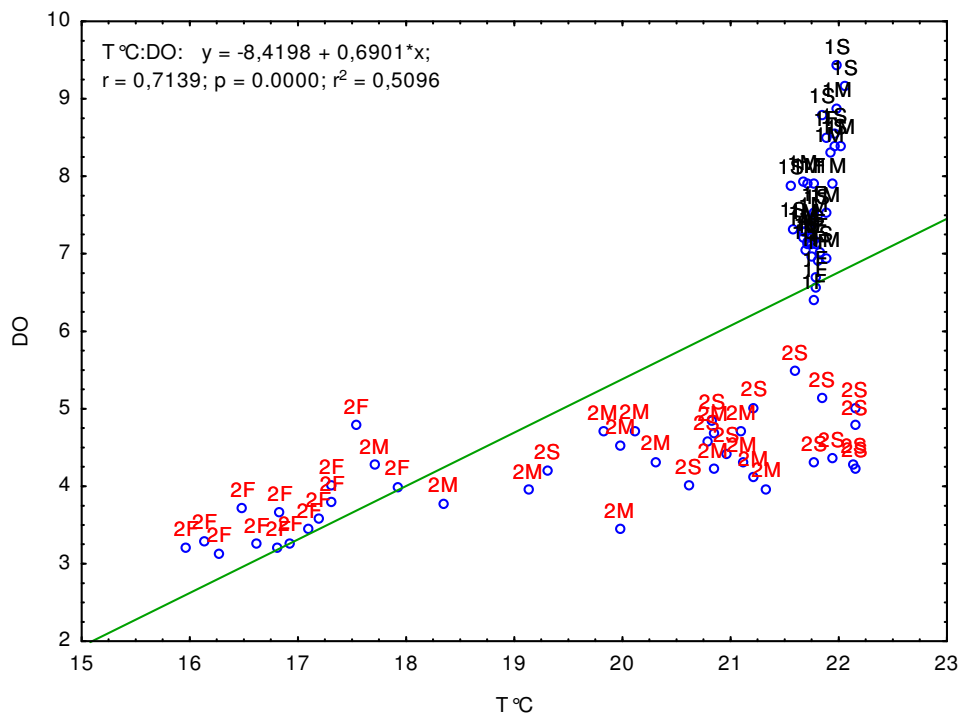


Figura 6.4-19: Correlação entre a OD e T°C das amostras de superfície, meia-água e fundo para a C1 e C2.

Na correlação entre o $\delta^{13}C$ e o $\delta^{15}N$ ocorreu uma separação bem definida entre as duas campanhas. Mostrando que a C1 obteve razões mais negativas para o carbono e menores valores para o nitrogênio, mesmo estando na faixa predominantemente de origem fitoplanctônica, tem um pouco de influência terrestre. Já para a C2 é predominantemente marinha (Figura 6.4-20).

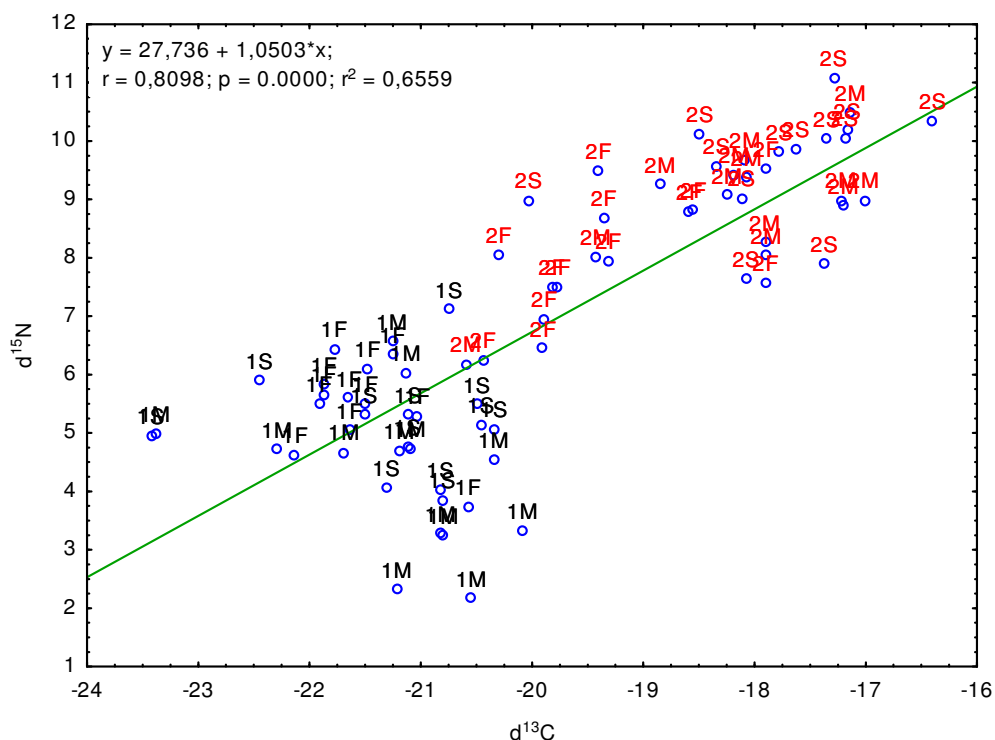


Figura 6.4-20: Correlação entre o $\delta^{13}\text{C}$ e o $\delta^{15}\text{N}$ das amostras de superfície, meia-água e fundo para a C1 e C2.

De modo geral, foi possível observar que a C2 teve uma influência maior de águas marinhas, devido os resultados demonstrados. Observando a tendência dos dados como um todo, é possível explicar para ambas as campanhas que conforme aumenta a profundidade diminuem a $T^\circ\text{C}$, o pH e o OD e aumenta a Salinidade. Normalmente quanto menor a $T^\circ\text{C}$ maior o OD, porém deve-se considerar que os organismos fotossintetizantes procuram ficar próximos a superfície onde há maior incidência de luz para realizar a fotossíntese sendo assim liberam mais OD, além de ter apresentado os maiores teores de Chl-a e Chl-c em superfície demonstrando uma alta biomassa fitoplanctônica. Para a C2 as concentrações de OD foram menores comparadas as da C1, o que não seria esperado devido aos outros parâmetros analisados, como altas concentrações de NH_4^+ , o esperado seria que NH_4^+ fosse inversamente proporcional ao OD. A $T^\circ\text{C}$, em média, foi mais elevada para a C1, além da concentração de MPS ter sido mais baixa e menor zona eufótica. Já para a C2 foi ao contrário, maior zona eufótica, maior concentração de MPS, porém a abundância bacteriana foi mais elevada o que se pode explicar um consumo maior de OD por estes organismos. Esta elevada abundância bacteriana pode estar também relacionada com o elevado MPS, que

disponibiliza MO para os organismos heterotróficos. Outro fator relevante, que não era esperado seria os baixos teores de NO_3^- para a C2, contudo, pode ter ocorrido o consumo de NO_3^- pelo fitoplâncton, pois existem espécies de algas (dinoflagelados) que o utilizam como fonte de nitrogênio. Os elevados teores de Chl-c demonstram presença de diatomáceas e dinoflagelados para a C2 o que colabora com a $\delta^{15}\text{N}$ próxima de 9‰ de origem de algas vermelhas (dinoflagelados) e assim pode-se justificar o provável consumo de OD por estes organismos nesta campanha. Mesmo com eventos de maré vazante foi observada elevada concentração de alguns parâmetros como N-NH_4^+ , COD e COP, isto porque o ponto amostrado encontra-se mais para dentro da baía em relação ao emissário submarino de Icaraí em Niterói e alguns pontos de esgotos clandestinos na praia da Urca, Botafogo e Flamengo que podem ter influenciado no aporte de alguns compostos na maré enchente. Analisando as direções de corrente, nem sempre foram N-S, alguns momentos as correntes se deslocavam em sentido NW, NE, SW e SE e até mesmo paralelos à boca da BG (E-W) o que pode ocasionar trocas de massas d'água entre Rio e Niterói, mantendo-se estacionária em alguns momentos (estofo).

Análise Multivariada

A análise de agrupamento (Cluster) teve como objetivo principal classificar os parâmetros por grupos devido a suas similaridades. Os resultados desta análise estão ilustrados na figura 6.4-21.

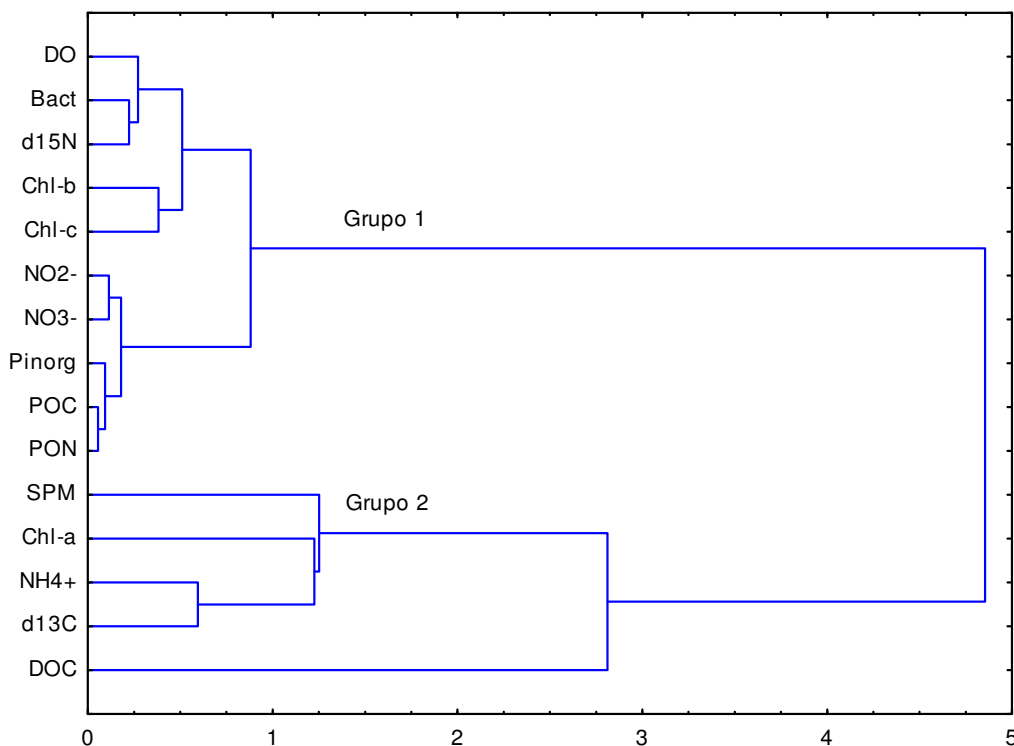


Figura: 6.4-21: Análise de Cluster (método Ward: distância Euclidiana) mostrando os parâmetros separados em 2 grandes grupos.

Na análise de cluster é possível observar dois grupos distintos de amostras. Estes grupos foram separados conforme a dissimilaridade dos parâmetros entre eles e a similaridade destes parâmetros dentro de cada grupo.

O grupo 1 é o que possui mais parâmetros, ou seja, estes têm uma similaridade entre si. Este grupo é ainda composto por outros 2 grupos que separam o OD, o bacterioplâncton, $\delta^{15}\text{N}$, a Chl-b e a Chl-c do NO_2^- , NO_3^- , Pinorg, COP e NP. O grupo 2 separa o COD dos outros parâmetros MPS, Chl-a, NH_4^+ e $\delta^{13}\text{C}$.

Análise Fatorial

A análise fatorial foi realizada após normalização dos dados originais (cada variável foi dividida pela soma das variáveis para cada amostra e depois foi calculado o z-score de modo a ter valores distribuídos ao redor de zero. Todas

as variáveis próximas ao zero contribuem de forma média para a variância dos dados, enquanto valores positivos e negativos mais afastados do zero são aqueles que mais contribuem para a variância). O conjunto de dados utilizados aparece na tabela 6.4-1. Estes representam a correlação da variável no fator onde ela aparece de forma significativa. Normalmente correlações iguais ou maiores que 0,7 são consideradas mais significativas e na tabela 6.4-1 estão marcadas em vermelho. A tabela 6.4-2 descreve os autovalores que representam a contribuição de cada fator para a variância global. Pode-se observar que o fator 1 é responsável por 33,99% da variância e o fator 2 é responsável por 23,35% da variância. O método rotacionado varimax é aplicado para maximizar a variância e neste caso resultou em melhores resultados como pode-se observar na tabela 6.4-1 e na figura 6.4-22 no sentido que aumenta a significância das correlações e agrupa melhor as variáveis em fatores distintos.

Tabela 6.4-1: Dados da análise Fatorial de Componentes Principais da C1 e C2. Os dados marcados em vermelho são os melhores explicados pelos fatores $>0,7$.

	Fator 1	Fator 2	Fator 3	Fator 4
OD	-0,04	0,94	-0,12	0,05
MPS	0,83	-0,26	0,14	0,28
Chl-a	-0,15	-0,17	-0,81	0,25
Chl-b	-0,42	0,26	-0,71	-0,15
Chl-c	-0,14	-0,09	-0,89	-0,01
Bact	0,84	0,07	0,19	0,05
NH ₄ ⁺	-0,32	0,82	-0,05	0,18
NO ₂ ⁻	0,6	0,26	-0,13	0,38
NO ₃ ⁻	0	0,51	0,2	0,2
Pinorg	0,92	-0,19	0,23	0,04
COD	-0,55	-0,47	0,56	-0,35
COP	0,18	0,13	-0,06	0,95
NP	0,16	0,16	-0,06	0,95
d13C	0,56	0,79	0,06	-0,07
d15N	0,92	0,05	0,17	0,08

Tabela 6.4-2: Autovalores correspondentes à análise de Componentes Principais.

autovalor	% Total de Variância	Acumulativa- autovalor	% Acumulativa
5,1	33,99	5,1	33,99
3,5	23,35	8,6	57,35
2,22	14,8	10,82	72,15
1,41	9,42	12,24	81,57

A análise de componentes principais permite distinguir as duas campanhas como mostram a figura 6.4-23, 6.4-24, 6.4-25.

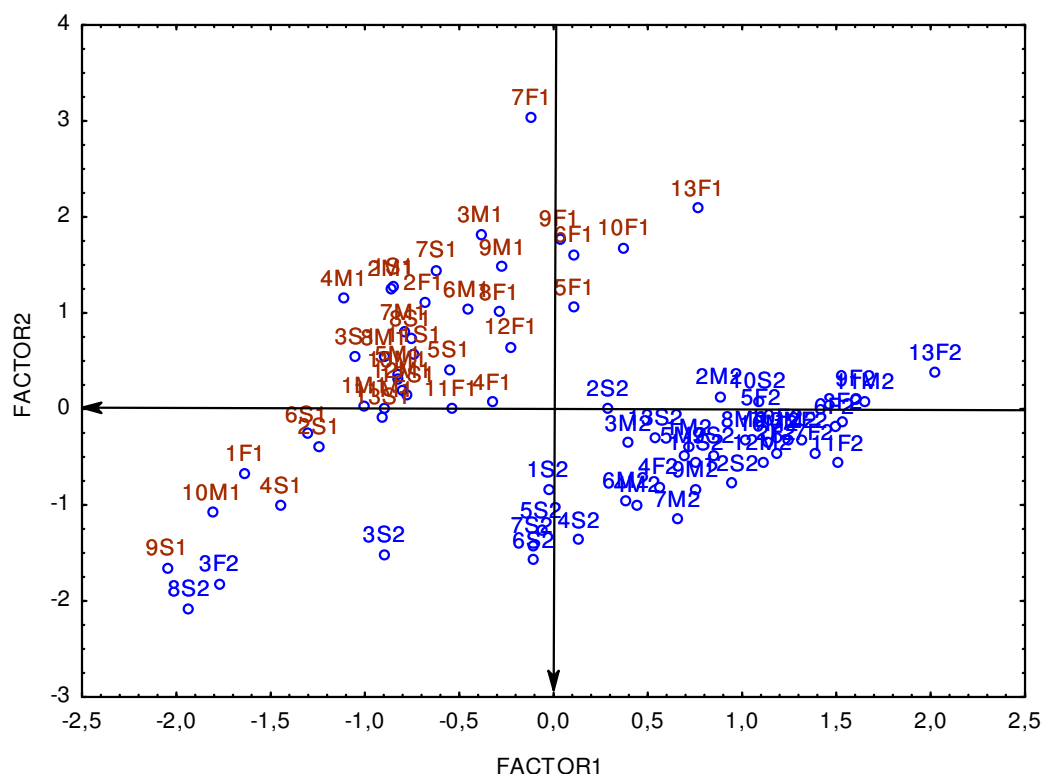


Figura 6.4-212: Análise de componentes principais das amostras de superfície, meia-água e fundo da C1 e C2 (fator 1 X fator 2).

Observando a figura 6.4-22 é plausível afirmar que há dois grupos distintos de amostras, em vermelho estão as amostras da C1 e em azul as amostras da C2. O fator 1 que explica 33,99% dos dados, esclarece que o SPM, Bact, NO_2^- , Pinorg e $\delta^{15}\text{N}$ tem relação positiva, ou seja, conforme as amostras se distribuem no sentido mais positivo do eixo fatorial 1 tendem a apresentar maiores valores destes parâmetros os quais são mais elevados para a C2. Já o fator 2 que explica 23,35 % dos dados, explana que conforme as amostras se distribuem na direção mais positiva do eixo fatorial 2 possuem maior DO e NH_4^+ e $\delta^{15}\text{C}$ evidentes para a C1.

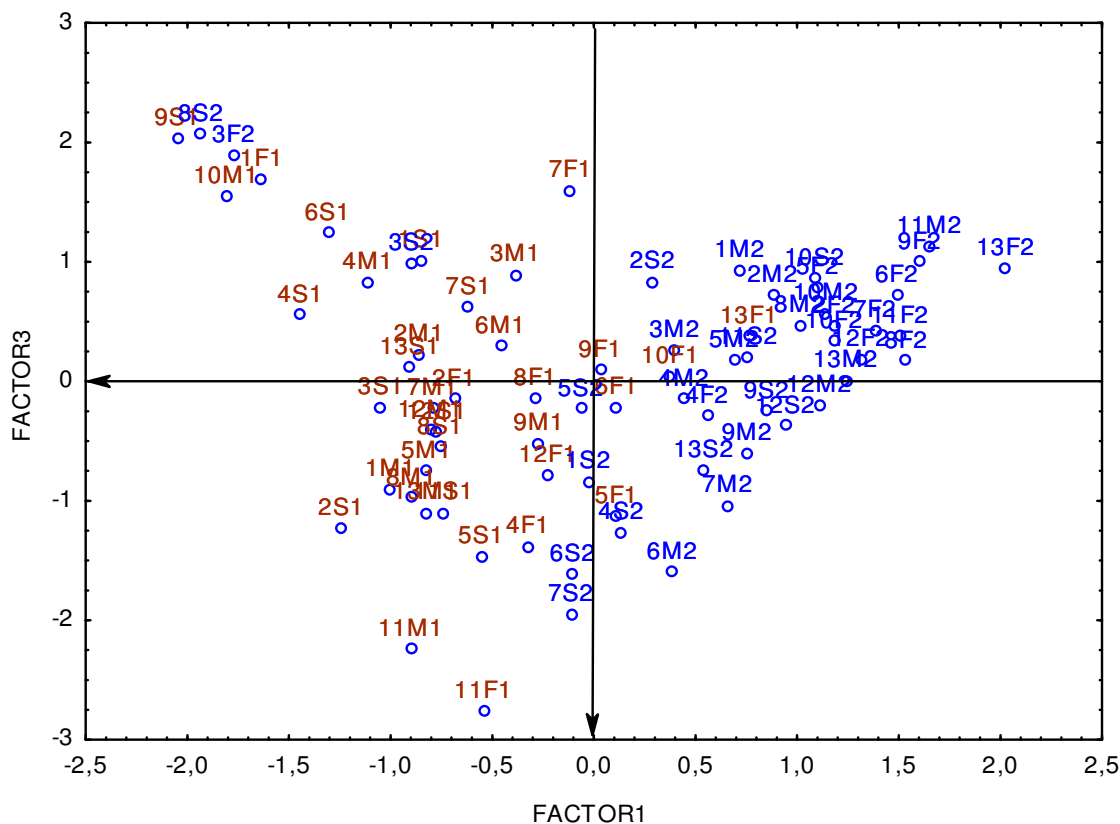


Figura 6.4-23: Análise de componentes principais das amostras de superfície, meia-água e fundo da C1 e C2 (fator 1 X fator 3).

A figura 6.4-23 ilustra a relação entre o fator 1 com o fator 3. O fator 3 explica a relação entre as clorofilas, onde as amostras se distribuem bem ao longo do eixo y (fator 3) não tendo uma separação bem definida entre as duas campanhas. Todavia, observando a figura como um todo há um grupo de amostras da C2 no quadrante entre os valores positivos dos 2 eixos e um grupo de amostras da C1 no quadrante negativo dos 2 eixos, desta forma há uma separação entre as campanhas.

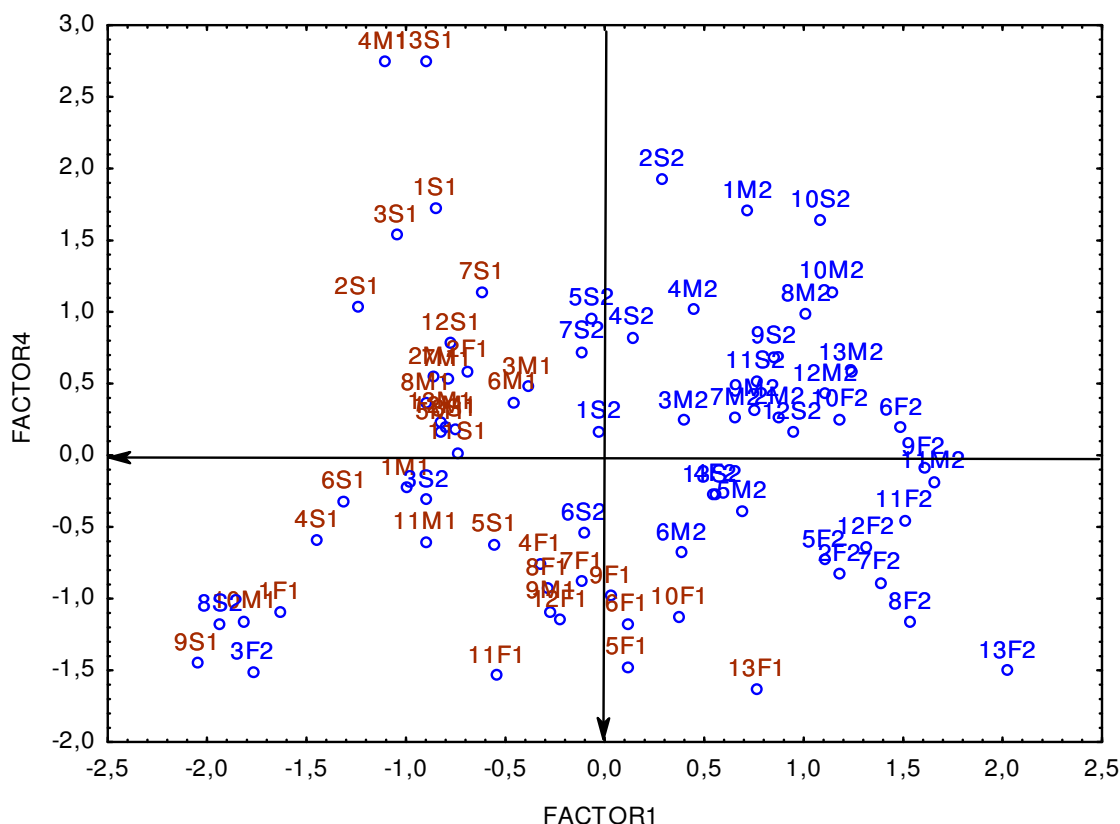


Figura 6.4-24: Análise de componentes principais das amostras de superfície, meia-água e fundo da C1 e C2 (fator 1 X fator 4).

A figura 6.4-24 ilustra a relação entre os fatores 1 e 4, o fator 4 explica os parâmetros POC e NP, os quais tem uma correlação forte entre eles nas duas campanhas, por isso as amostras se distribuem muito bem em todos os quadrantes evidenciando que o fator 1 distingue as duas campanhas.

6.5.

Hidrocarbonetos Alifáticos

A concentração de n-alcenos totais (n-alcT) foi relativamente baixa nas duas campanhas, principalmente para a C1 variando de $0,004 \mu\text{g L}^{-1}$ a $0,28 \mu\text{g L}^{-1}$ para C1 e de $0,02 \mu\text{g L}^{-1}$ a $2,78 \mu\text{g L}^{-1}$. A concentração de alifáticos totais (HAT) variou de $0,13 \mu\text{g g}^{-1}$ a $10,70 \mu\text{g L}^{-1}$ para C1 e de $0,02 \mu\text{g L}^{-1}$ a $15,90 \mu\text{g L}^{-1}$ para a C2. A contribuição dos n-alcenos (n-alcT) nos alifáticos totais é pequena comparada aos elevados valores encontrados para MCNR variando $0,191 \mu\text{g L}^{-1}$ a $7,50 \mu\text{g L}^{-1}$ para a C1 e de $0,003 \mu\text{g L}^{-1}$ a $6,92 \mu\text{g L}^{-1}$. Ainda assim, os n-alcenos representaram uma fração razoável dos picos resolvidos (PR) variando de $0,07 \mu\text{g L}^{-1}$ a $6,22 \mu\text{g L}^{-1}$ para a C1 e de $0,46 \mu\text{g L}^{-1}$ a $10,27 \mu\text{g L}^{-1}$ para a C2 (Tabela 6.5-1).

Tabela 6.5-1: Dados de hidrocarbonetos alifáticos ($\mu\text{g L}^{-1}$) para as amostras da C1 e C2.

Amostra	n-alcT	PR	MCNR	HAT	Amostra	n-alcT	PR	MCNR	HAT
1S1	0,05	0,19	0,19	0,38	1S2	0,10	0,46	2,36	2,82
1M1	0,06	0,07	0,06	0,13	1M2	0,11	0,59	1,92	2,50
1F1	0,18	0,28	2,39	2,66	1F2	0,02	0,02	0,00	0,02
2S1	0,13	0,19	1,18	1,37	2S2	0,24	1,04	3,16	4,20
2M1	0,03	0,29	0,19	0,48	2M2	0,13	0,59	2,16	2,75
2F1	0,04	0,11	0,13	0,24	2F2	0,09	0,28	3,12	3,41
3S1	0,04	0,19	0,35	0,54	3S2	0,32	1,26	3,51	4,76
3M1	0,01	0,23	0,19	0,42	3M2	0,11	0,83	1,16	2,00
3F1	0,02	0,19	0,17	0,37	3F2	0,27	0,27	2,69	2,96
4S1	0,02	0,19	0,19	0,38	4S2	0,11	0,62	1,11	1,73
4M1	0,04	0,19	0,44	0,63	4M2	0,06	0,43	0,82	1,26
4F1	0,05	0,19	0,59	0,78	4F2	0,05	0,05	0,90	0,95
5S1	0,19	0,71	4,17	4,88	5S2	0,39	1,82	3,32	5,13
5M1	0,08	0,01	1,19	1,20	5M2	0,22	0,62	2,09	2,71
5F1	0,04	0,43	0,74	1,17	5F2	0,10	0,23	1,84	2,08
6S1	0,28	1,86	5,09	6,95	6S2	1,06	2,32	4,26	6,59
6M1	0,03	0,19	0,66	0,85	6M2	1,36	2,10	3,03	5,12
6F1	0,00	0,19	0,29	0,48	6F2	2,78	3,69	6,92	10,61
7S1	0,12	3,20	7,50	10,70	7S2	1,50	6,71	5,64	12,36
7M1	0,09	5,79	3,38	9,17	7M2	1,12	2,03	3,58	5,61
7F1	0,05	0,83	2,45	3,29	7F2	0,31	0,74	2,88	3,62
8S1	0,08	0,85	4,89	5,74	8S2	0,95	2,33	5,97	8,30
8M1	0,11	2,44	5,08	7,52	8M2	0,62	1,11	3,30	4,41
8F1	0,15	1,07	5,72	6,79	8F2	2,16	2,56	4,69	7,25
9S1	0,05	0,08	0,68	0,76	9S2	0,49	1,61	3,61	5,22
9M1	0,05	2,81	2,67	5,48	9M2	2,58	10,27	5,62	15,90
9F1	0,09	0,85	2,94	3,80	9F2	1,22	1,94	3,92	5,87
10S1	0,03	0,19	1,03	1,22	10S2	0,60	2,30	5,71	8,01
10M1	0,06	2,84	4,35	7,19	10M2	0,23	0,87	2,33	3,20
10F1	0,13	0,54	0,90	1,44	10F2	0,43	1,34	5,68	7,02
11S1	0,14	0,79	0,79	1,58	11S2	0,27	1,11	3,48	4,58
11M1	0,14	2,05	1,28	3,33	11M2	0,31	1,09	4,79	5,88
11F1	0,16	2,52	2,85	5,37	11F2	0,26	0,42	2,73	3,15
12S1	0,16	0,67	0,86	1,54	12S2	0,32	0,99	4,08	5,07
12M1	0,14	0,04	2,54	2,59	12M2	0,84	3,95	5,56	9,51
12F1	0,16	0,08	2,83	2,91	12F2	0,46	1,15	3,53	4,68
13S1	0,05	6,22	2,57	8,79	13S2	0,31	1,13	2,87	4,00
13M1	0,12	0,39	1,77	2,16	13M2	0,45	1,53	5,00	6,52
13F1	0,05	0,19	0,88	1,07	13F2	0,23	0,63	2,62	3,26

Todavia, muitas amostras apresentaram valores abaixo do limite de detecção e quantificação. As figuras a seguir demonstram a variação das

concentrações dos n-alks para algumas amostras sendo possível visualizar o comportamento para identificar o predomínio das fontes de hidrocarbonetos alifáticos. Os HAT foram mais abundantes na C2 do que na C1, verificando as figuras (6.5-1 e 6.5-2) é possível afirmar que há uma tendência de maiores concentração de HAT em intervalos de enchente e vazante, ou seja, no meio de cada evento, possivelmente, há uma flutuação destes compostos entre a parte mais interna da BG com a parte mais externa, mantendo-os dentro da BG sendo assim adsorvidos ao MPS e/ou sofrendo degradação por microorganismos.

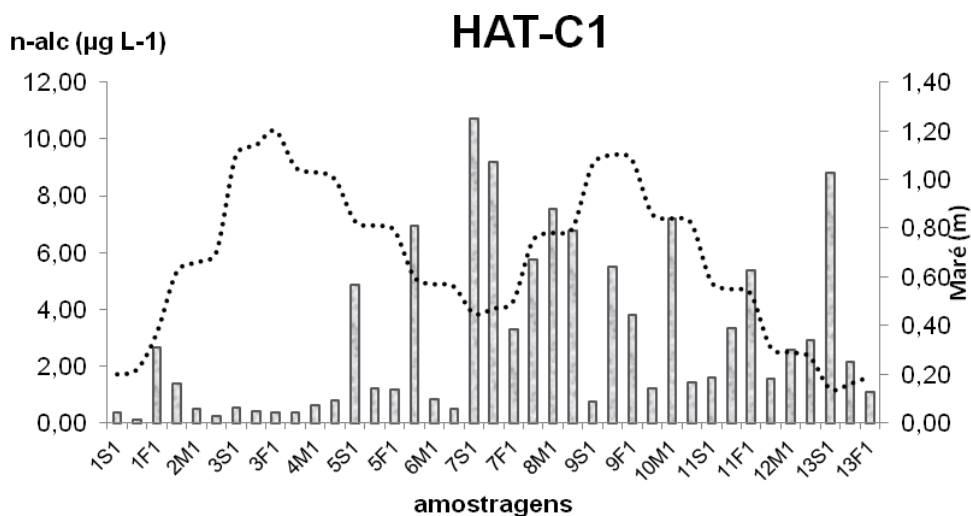


Figura 6.5-1: Variação do total de hidrocarbonetos alifáticos totais para a C1 ao longo do ciclo de maré.

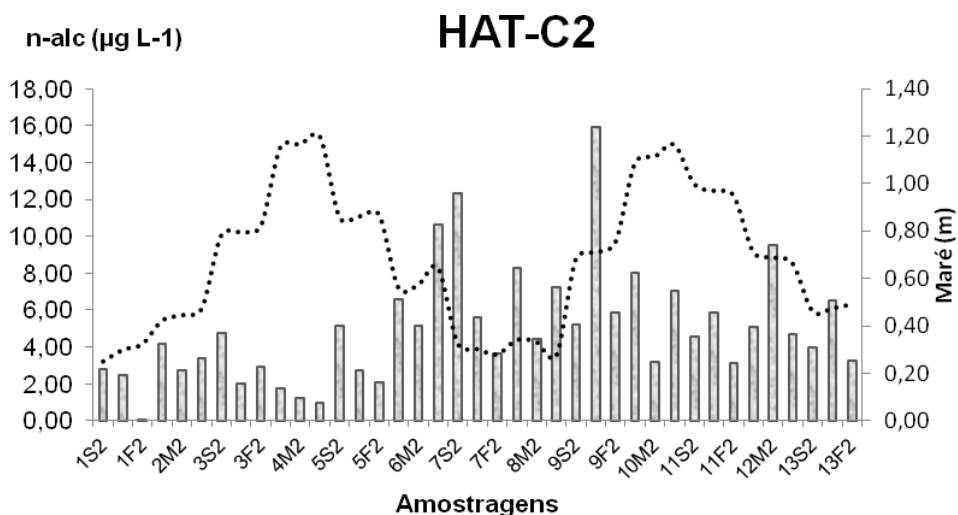


Figura: 6.5-2: Variação do total de hidrocarbonetos alifáticos totais para a C1 ao longo do ciclo de maré.

O somatório de picos resolvidos (PR) para algumas amostras foi baixo, em relação à MCNR, proporcionando razão MCNR/PR maior que 4 (Tabela 6.5-2),

indicando desta forma a presença de resíduos de óleo degradado em algumas amostras Readman (2002). Mesmo com baixas concentrações de HAT, foi possível calcular o índice (MCNR/PR) para a C1 indicando predomínio de origem petrogênica assim como para a C2.

Tabela 6.5-2: Razão MCNR/PR para algumas amostras da C1 e C2.

Amostra	UCM/PR
1F1	8,64
2S1	6,20
5S1	5,89
8S1	5,72
8F1	5,37
9S1	8,53
10S1	5,38
12M1	56,96
12F1	37,28
13M1	4,54
13F1	4,60
1S2	5,14
5F2	7,88
10F2	4,24
11M2	4,39
11F2	6,49
12S2	4,13
13F2	4,16

A MCNR localizada entre n-C18 e n-C35 está relacionada à presença de resíduos de óleo bruto degradado por microorganismos (Farrington & Tripp, 1977). A MCNR bimodal possui, além desta ondulação, há outra entre n-C16 e n-C22 atribuída à degradação bacteriana da MO (Venkatesan & Kaplan, 1982). No anexo III estão os cromatogramas que pode-se observar esta tendência de MCNR para algumas amostras. Para a C1 pouco se pode observar, pois as concentrações de HAT foram relativamente baixas para a maioria das amostras. Já para a C2 é possível observar as duas tendências de MCNR, prevalecendo a bimodal aplicada à degradação bacteriana, isto colabora com a abundância bacteriana que foi mais elevada para a C2. Porém, para a C2 também foram observadas amostras com predomínio de origem petrogênica, como nas amostras 6S2, 6M2 e 6F2 que foram coletadas entre 17:30h e 18:00h, este horário é o de maior fluxo de barcas atravessando entre o Rio de Janeiro e Niterói, além de embarcações transitando pelo canal central, estes fatores podem ter influência na concentração destes compostos. Este perfil de presença

destes n-alc se estendeu até a amostragem 9 (9S2, 9M2 e 9F2) realizada entre 23:30 e 00:00 coincidindo com o horário de encerramento do trânsito das barcas Rio-Niterói) (Fonte:BARCAS-SA). Abaixo seguem figuras (6.5-3, 6.5-4, 6.5-5, 6.5-6, 6.5-7 e 6.5-8) ilustrando o perfil de n-alc de algumas amostras.

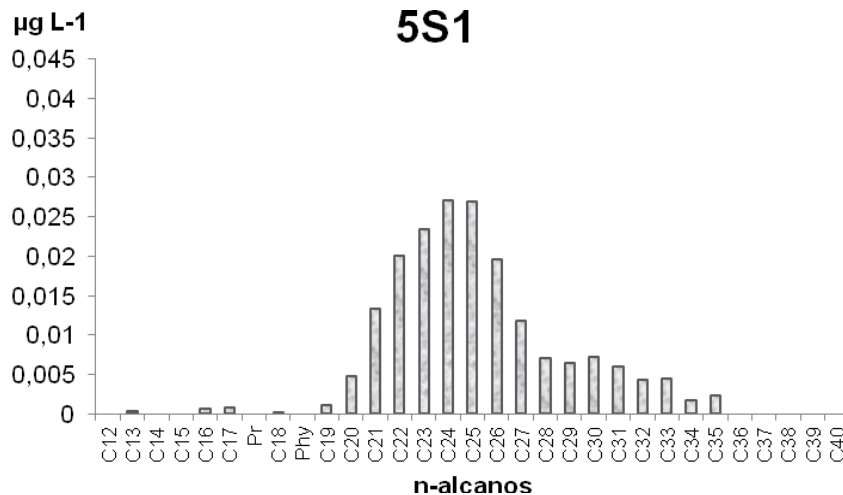


Figura 6.5-3: Concentrações de n-alcenos para a amostra 5S1 da C1.

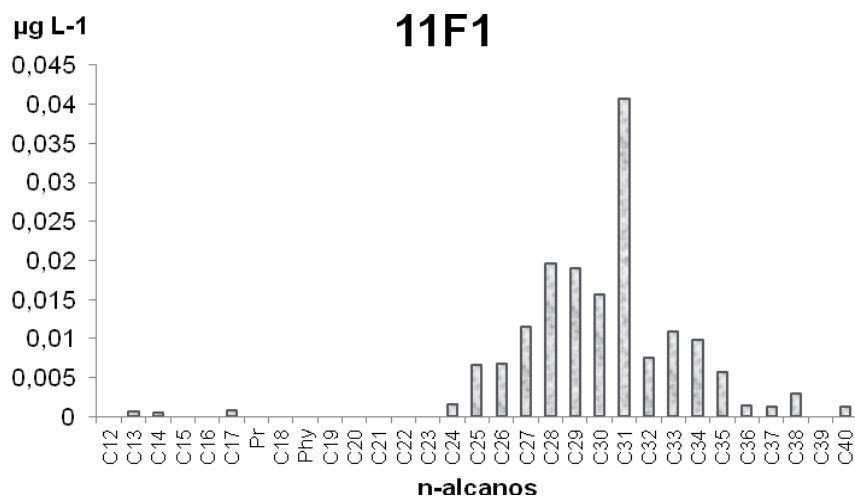


Figura 6.5-4: Concentrações de n-alcenos para a amostra 11F1 da C1.

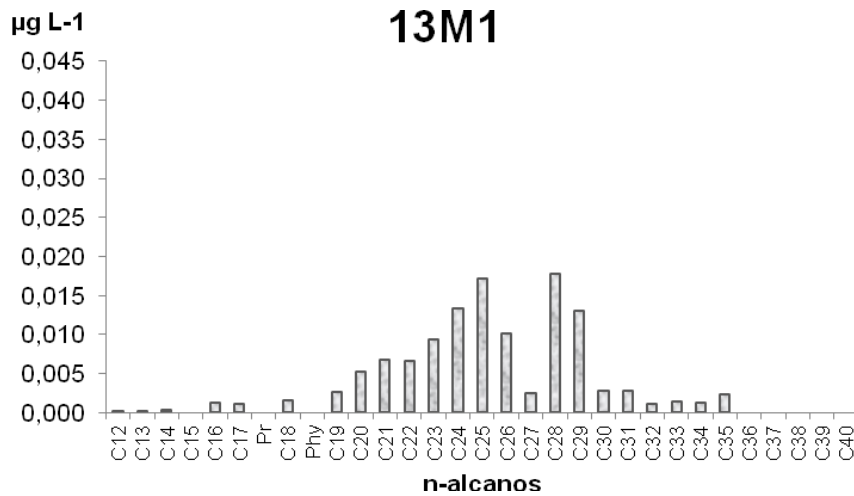


Figura 6.5-5: Concentrações de n-alcenos para a amostra 13M1 da C1.

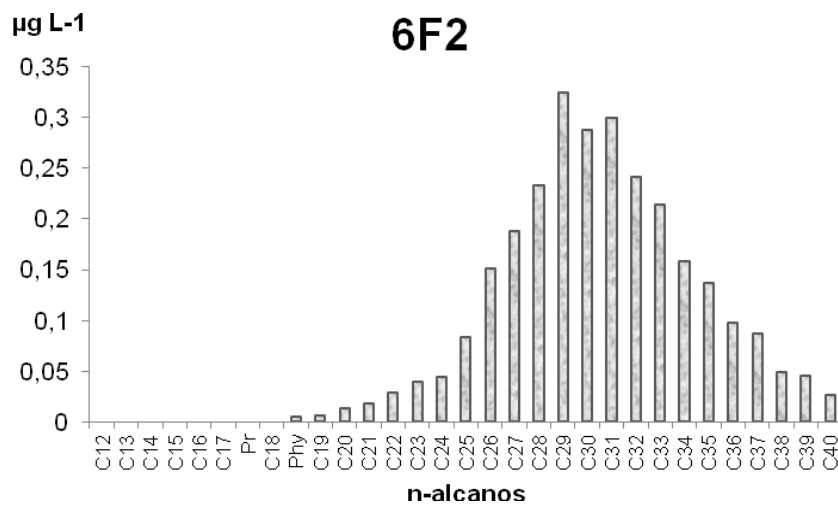


Figura 6.5-6: Concentrações de n-alcenos para a amostra 6F2 da C2.

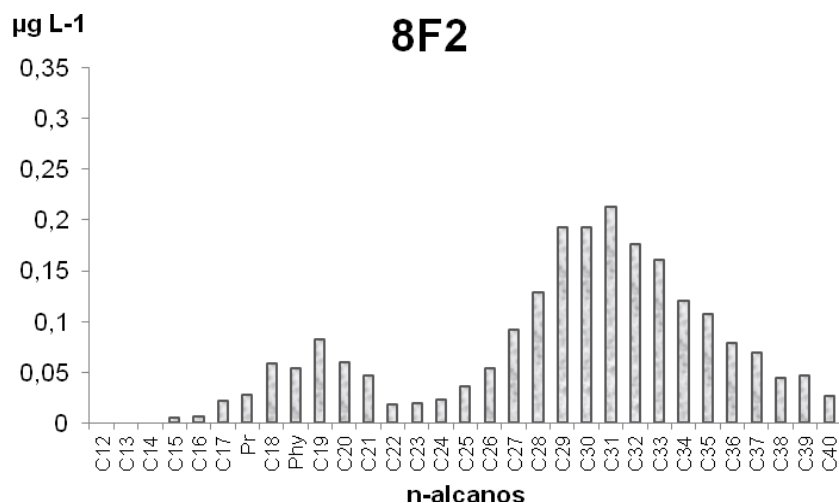


Figura 6.5-7: Concentrações de n-alcenos para a amostra 8F2 da C2.

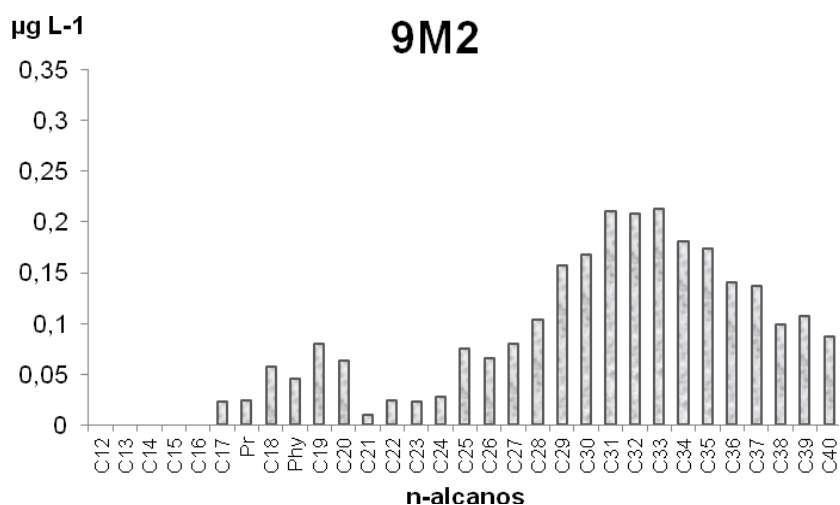


Figura 6.5-8: Concentrações de n-alcenos para a amostra 9M2 da C2.

O índice de preferência de carbono (IPC) para algumas amostras aproximou-se de 1 evidenciando um predomínio de n-alcenos de origem petrogênica para a C2. Valores de IPC < 4 na faixa de n-C24-40 foram observados para algumas amostras da C1 o que evidencia predomínio de n-alcenos de origem biogênica terrestre que pode estar relacionado à adsorção destes compostos no MPS vindo dos aportes continentais. Mas mesmo assim este índice não foi muito adequado para as amostras de MPS.

A BG é um dos ambientes marinhos costeiros mais importantes do Brasil. Dentre as fontes poluidoras a BG possui duas refinarias de petróleo em suas

margens, que representam 17% do processamento de óleo nacional, com potencial aumento desse percentual a partir da instalação do complexo petroquímico do Rio de Janeiro (COMPERJ). Abriga o segundo maior porto de País (Porto do Rio de Janeiro) onde recebe anualmente mais de 2.000 navios comerciais, e ainda dois aeroportos (Santos Dumont e Antônio Carlos Jobim), estaleiros, marinas, sendo também uma importante via marítima para grande número de barcas, balsas, barcos de pesca, de lazer, de turismo e da marinha (CDRJ, 1993; Bérgamo, 2006; Carvalho, 2011). Além disso, cerca de 400 indústrias são responsáveis pelo lançamento de quantidades expressivas de poluentes na Baía de Guanabara e nos rios da bacia. Devido a isto os resultados apresentados se enquadram as condições da BG.

6.6. Fluxos

A partir dos dados de transporte de massas d'água feito através dos dados de velocidade e intensidade das correntes pela equipe da oceanografia da UERJ, foi possível calcular os fluxos de alguns parâmetros analisados.

O cálculo de fluxo foi feito através do somatório pela multiplicação das integrações dos dados físicos entre (superfície e meia-água) e (meia-água e fundo) pelas médias de cada parâmetro químico entre (superfície e meia-água) e (meia-água e fundo) respectivamente conforme a equação abaixo.

$$\text{FLUXO} = \sum ((T_{(s-m)_i} \times M_{(s-m)_i}) + (T_{(m-f)_i} \times M_{(m-f)_i}))$$

Onde:

T= transporte de massas;

M= médias das concentrações dos parâmetros químicos

s-m= integração entre dados de superfície e meia-água;

m-f= integração entre dados de meia-água e fundo.

i= amostragem

Os resultados, mostrados na tabela 6.6-1, indicaram que para a C1, ocorreu uma exportação de substâncias da BG para a plataforma continental, assim como para a C2, com exceção do COD. Valores positivos indicam importação de material da plataforma continental para a BG e valores negativos indicam exportação da BG para o mar.

Observando o padrão de transporte para cada substância nas diferentes campanhas, para o NID, Chl-b, Chl-c e HAT permaneceram na mesma ordem de grandeza de exportação. Já o Pinorg, Chl-a e n-alcT foram exportados em maior quantidade para a C2. Por outro lado, mesmo com concentrações mais elevados, o MPS obteve uma exportação muito mais elevada na C1 do que na C2, assim como o COD, COP e NP. Pereira-Filho *et al.* (2002) encontrou valores elevados de exportação de NID ($-2,6 \times 10^4$) e PID ($-0,9 \times 10^3$) para o Estuário do Rio Camboriú, o qual também é considerado um ambiente eutrofizado, pois assim como no presente trabalho o NH_4^+ representa 90% do NID para a C1.

Tabela 6.6-1: Dados de transporte total referente às campanhas durante o ciclo de maré. Os valores negativos representam o transporte da BG em direção à plataforma continental.

	NH_4^+	NID	PID	Chl-a	Chl-b	Chl-c
	mol d^{-1}	mol d^{-1}	mol d^{-1}	g d^{-1}	g d^{-1}	g d^{-1}
C1	$-3,18 \times 10^4$	$-3,49 \times 10^4$	$-5,72 \times 10^2$	$-6,74 \times 10^4$	$-1,63 \times 10^4$	$-3,25 \times 10^4$
C2	$-1,95 \times 10^4$	$-3,46 \times 10^4$	$-4,65 \times 10^3$	$-1,36 \times 10^5$	$-1,31 \times 10^4$	$-5,18 \times 10^4$
	MPS	COD	COP	NP	Σ n-alcanos	Σ HA
	g d^{-1}	g d^{-1}	g d^{-1}	g d^{-1}	g d^{-1}	g d^{-1}
C1	$-1,83 \times 10^7$	$-1,45 \times 10^8$	$-1,07 \times 10^8$	$-1,62 \times 10^8$	$-3,40 \times 10^2$	$-1,27 \times 10^4$
C2	$-7,91 \times 10^4$	$1,17 \times 10^5$	$-1,35 \times 10^3$	$-2,98 \times 10^2$	$-3,83 \times 10^3$	$-2,11 \times 10^4$

O afluxo de água doce à BG não é suficiente para modificar o padrão de circulação das águas na mesma, porque a razão entre o deflúvio de água doce e o prisma de maré para um período de 24 horas é inferior a 5%. No entanto, as vazões fluviais são importantes para determinação de alguns padrões e de trocas de massa d'água.

O tipo de influência que este aporte pode ter sobre o sistema depende dos usos e ocupação que se faz na bacia de drenagem. Zonas altamente industrializadas, como a BG, se caracterizam pelo aporte de metais pesados, hidrocarbonetos, nutrientes e MO (Ribeiro, 1996).

O esgoto doméstico é outro problema diretamente relacionado à presença de centros urbanos nas proximidades de estuários. Além de grande quantidade de água, o esgoto doméstico carrega uma série de substâncias poluentes, onde se destacam a MO, os nutrientes, organismos patogênicos e material em suspensão (Bishop, 1983). Muitos centros urbanos lançam seus esgotos, bruto ou parcialmente tratado, diretamente em águas estuarinas e costeiras. A entrada destes efluentes em corpos d'água de circulação restrita pode provocar a eutrofização do meio, com grande desenvolvimento dos produtores primários,

tanto macroalgas como fitoplâncton (Carneiro *et al.*, 1994; Carneiro & Barroso, 1993; Carmouze & Vasconcelos, 1992).

A eutrofização nas águas estuarinas e costeiras provoca diversas modificações no meio, podendo produzir um aumento da produtividade (Nixon, 1992).

Várias alterações nas características químicas e na qualidade da água destes corpos d'água também têm sido registradas, como resultado da alteração dos fluxos biogeoquímicos, com várias consequências ecológicas, e.g., alteração da composição de espécies (Beukema 1991), aumento da floração fitoplanctônica e diminuição dos níveis de oxigênio (Parker & O'Reilly 1991; Pennock *et al.*, 1994). Diversos estudos têm sido feitos relacionando as alterações do meio em função do aporte de nutrientes e MO (Berounsky & Nixon 1985; Innamorati & Giovanardi, 1990; Kimor, 1996; Carmouze & Vasconcelos, 1992; Braga *et al.*, 2000). No entanto, poucos quantificam tais entradas (Nixon, 1982; Nixon & Pilson, 1984; Smith & Veeh, 1989; Niencheski & Windom, 1994).

Há dois emissários submarinos na Baía de Guanabara: o que parte de Icaraí (Niterói) até o canal central da BG e o de Paquetá (Rio de Janeiro) localizado mais no interior da baía. Há ainda um grande aporte de efluentes domésticos lançados sem tratamento nos rios que deságuam na baía, comprometendo a qualidade ambiental do sistema estuarino. A falta de tratamento dos esgotos sanitários constitui a principal fonte de poluição das águas da Baía de Guanabara. Por isto, pode-se afirmar que a entrada de contaminantes na BG é difusa e não pontual.

Devido ao ponto amostrado estar localizado na parte mais interna da BG em relação à praia de Icaraí em Niterói, é possível justificar que o valor positivo do fluxo de COD para a C2 tenha tido influência deste emissário. A origem do COD pode ser autóctone a qual é produzida no próprio ambiente aquático através das fontes de produtores primários, como o fitoplâncton (Suhett *et al.*, 2006), ou alóctone, produzido externamente como de fontes terrestres vindas de aportes continentais. Estima-se que o COD nos ecossistemas marinhos está relacionado em igual magnitude ao carbono na forma de CO₂ em toda atmosfera (Farrington, 1992).

A dinâmica de plumas e os processos biogeoquímicos associados são dependentes das condições do ambiente e podem mudar em escala de tempo. Nas escalas interanuais, variações na descarga total dos rios e variações meteorológicas modificam a extensão espacial e temporal das plumas. Transformações das plumas dos rios sobre a plataforma continental envolve um

complexo conjunto de processos que ocorrem em menor escala se comparados às escalas oceanográficas (DAGG *et al.* 2004).