

## CAPITULO V

### Matéria particulada em suspensão na coluna de água

A colheita de águas a diferentes níveis da coluna de água, preferencialmente na CNS e na CNF, permitiu a realização de estudos qualitativos e quantitativos da MPS para identificação da composição e origem dos níveis nefelóides.

#### 1. Carbono Orgânico Particulado

##### 1.1. Introdução geral ao ciclo do carbono

No ciclo de carbono, a matéria orgânica do ambiente marinho tem um papel fundamental nos processos biológicos que ocorrem tanto na coluna de água como nos sedimentos. A fig.V-1 mostra um modelo de fluxos de carbono em diferentes ambientes oceânicos (plataforma, vertente e planície abissal da Galiza), de acordo com Wollast (1999).

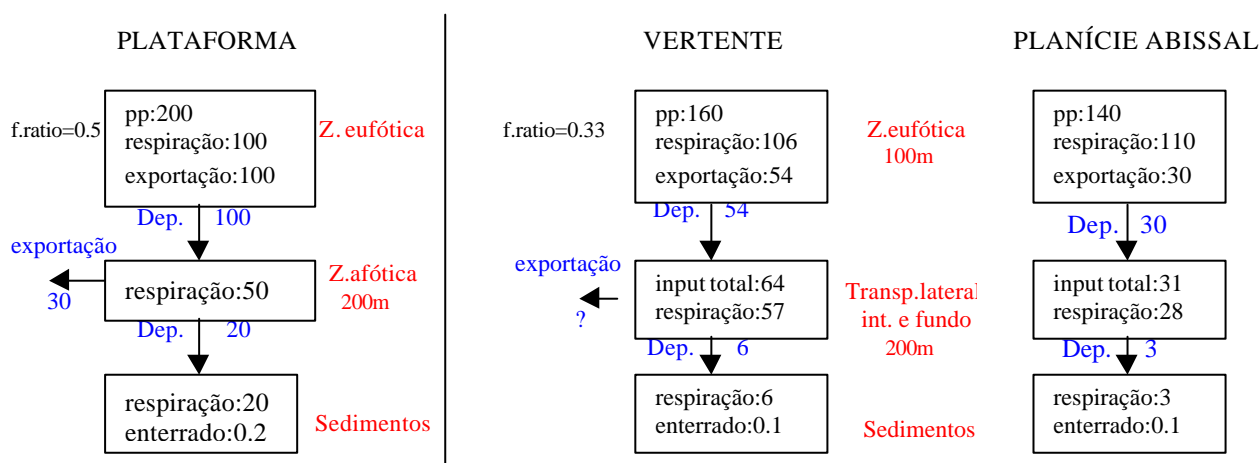


Figura V-1. Fluxos de carbono ( $gCm^{-2}ano^{-1}$ ) no reservatório oceânico de acordo com Wollast (1999). pp=produção primária; dep=deposição; f.ratio=exportação/pp.

O oceano contém 60 vezes mais carbono que a atmosfera (Westbroek *et al.*, 1993). A quantidade de carbono no oceano é determinada: a) pelo acarreo de material de origem continental; b) por processos físico-químicos de troca com a atmosfera; c) por processos biológicos como a fotossíntese e calcificação; d) e pela sedimentação. A fonte principal de carbonatos no oceano são os foraminíferos, cocolitóforos e, com menor importância, os pterópodes e os dinoflagelados calcários. A produção de cocólitos e carapaças liberta  $CO_2$ , enquanto que a fotossíntese remove o  $CO_2$  do oceano superficial e atmosfera, ao produzir matéria orgânica. A maior parte do carbono orgânico particulado é respirado e só apenas 0,1%

da produção de carbono orgânico é preservado nos sedimentos (Westbroeck, *et al.*, 1993; Wollast, 1999).

### 1.2.COP em ambiente fluvial e marinho

O conteúdo de carbono orgânico das partículas fluviais varia com o caudal dos rios. No rio Ródano, os valores de COP variam entre 3 e 6 %, com uma estimativa anual de COP fornecido para o mar de 5,6 a  $11,2 \times 10^4$  ton./ano (Cauwet *et al.*, 1990). Meybeck (1982) descreveu a relação entre a matéria particulada total em suspensão e o conteúdo orgânico das partículas nos rios, mostrando que, quanto mais elevada é a turbidez, mais baixo é o conteúdo em carbono. Esta relação foi encontrada em vários rios, como refere Cauwet (1990), tornando-se mais geral.

Quando as águas estuarinas entram na plataforma, parte das partículas em suspensão começa a depositar-se, ocorrendo nas águas superficiais um gradiente vertical de turbidez. Embora o esquema de sedimentação seja mais complicado devido aos processos de floculação, idealmente, partículas pesadas e maiores (ex: quartzo) sedimentam primeiro que as partículas menos densas e de menores dimensões, que são transportadas mais para longe da costa (ex. minerais das argilas e matéria orgânica).

Na plataforma, a introdução de matéria orgânica autóctone aumenta o conteúdo do COP. A contribuição do plâncton pode variar de 20-50% nas águas oligotróficas a mais de 70-90% em áreas de alta produtividade, onde a fracção detritica é reduzida (Hobson *et al.*, 1973; Cauwet, 1978).

Neste estudo, para o conhecimento da fracção orgânica na MPS, avaliou-se o conteúdo em carbono orgânico das partículas colhidas nas águas da plataforma e vertente continentais. Para avaliar os teores de Matéria Orgânica Particulada (MOP) a partir das concentrações de COP, existem na literatura relações empíricas do tipo:

$$\text{MOP} = R \times \text{COP}$$

Para os sedimentos em suspensão no meio estuarino é frequentemente utilizada a relação de Demolon (1944), determinada por agrónomos e pedólogos (Robbe, 1981):

$$R=1,72 \text{ se } \text{COP} < 5,8\%$$

$$R=2,0 \text{ se } \text{COP} \geq 5,8\%$$

Etcheber (1986) determinou diversos valores de R em amostras de sedimentos em suspensão no Gironda, conforme a altura do ano e a natureza da MO (R variou entre 1,76 e 1,95). Para isso, determinou a quantidade de MO extraída por oxidação com água oxigenada (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>). Para suspensões marinhas, Bunt (1975) propõe um R de 2,2 (valor utilizado neste estudo).

### 1.3. Análise do COP

Determinou-se o conteúdo de carbono orgânico à superfície (1m), nos cruzeiros PLAMIBEL I (Setembro 1990) e PLAMIBEL II (Março de 1991), enquanto que para os cruzeiros CORVET (Novembro 96), CLIMA (Dezembro 97) e OMEX II as amostras foram preferencialmente colhidas da CNS e CNF. No cruzeiro OMEX II (Maio de 99) efectuaram-se também colheitas a níveis intermédios, de águas menos túrbidas. Com estas amostras, obtiveram-se mapas de distribuição do COP a diferentes níveis (em  $\mu\text{g/l}$  e % de COP), de modo a evidenciar as diferenças verificadas entre os diversos cruzeiros no que respeita à contribuição de nutrientes dos rios para a plataforma continental adjacente.

A análise da distribuição do COP nas águas superficiais durante o Verão (Set.90) mostra a importância dos rios como contribuintes de nutrientes para a plataforma continental (fig. V-2), com destaque para os rios Douro (497 $\mu\text{m/l}$ ) e Lima (336 $\mu\text{m/l}$ ). As distribuições da carga orgânica ( $\mu\text{g/l}$ ) e do conteúdo em carbono (%) são muito semelhantes, com os valores mais elevados na proximidade da desembocadura dos rios.

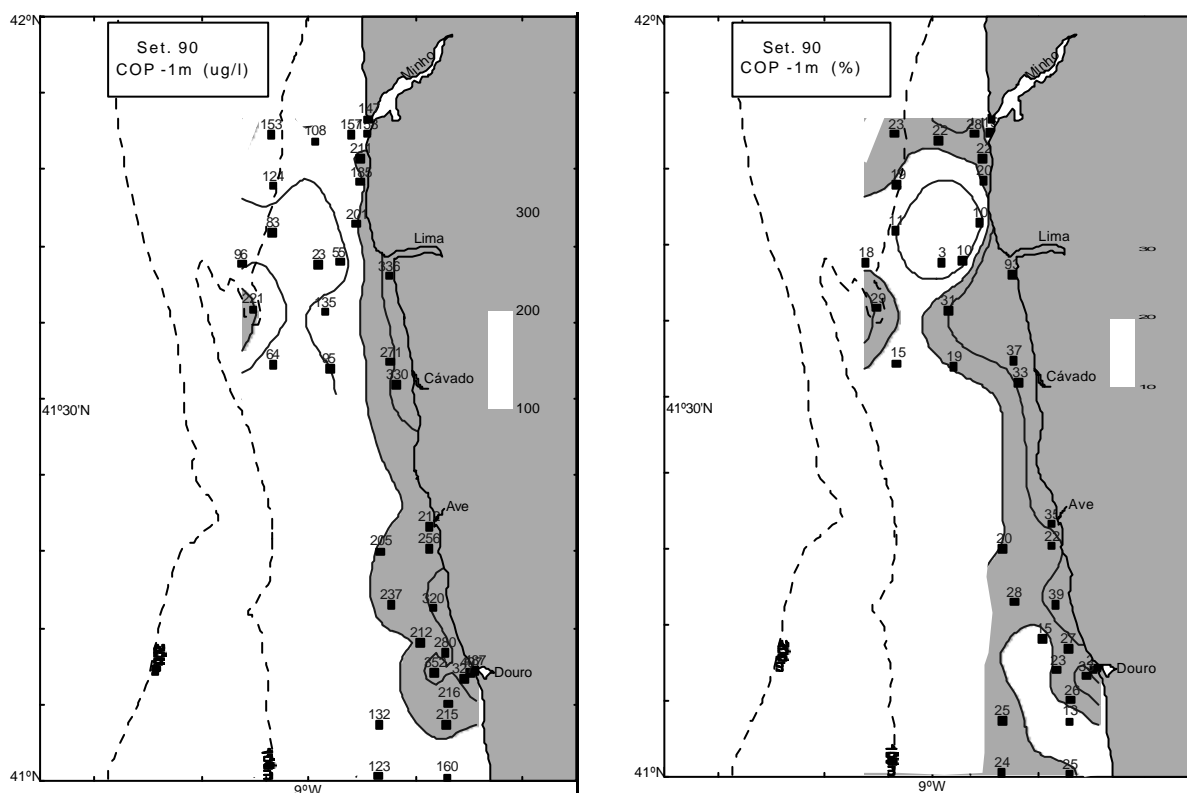


Figura V-2. Distribuição da carga orgânica ( $\mu\text{g/l}$ ) e do conteúdo em carbono das amostras (%) para o cruzeiro PLAMIBEL I (Set. 90).

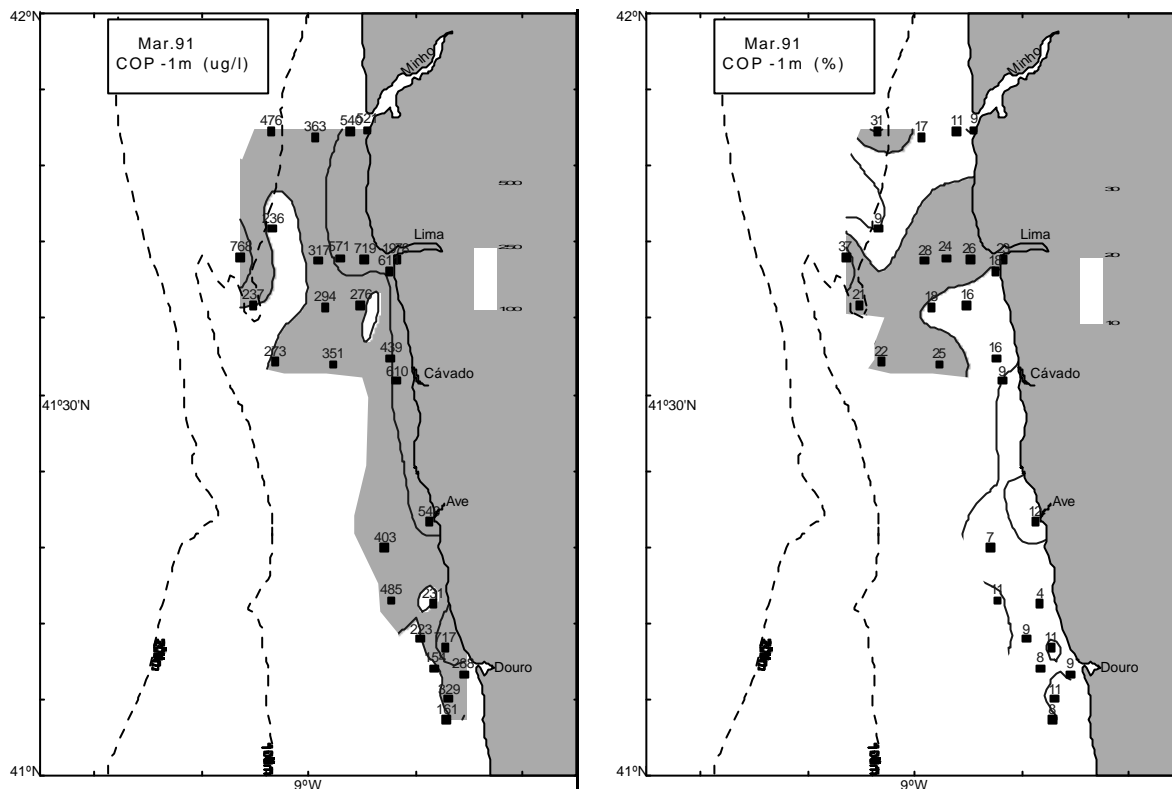


Figura V-3. Distribuição da carga orgânica ( $\mu\text{g/l}$ ) e do conteúdo em carbono das amostras (%) para o cruzeiro PLAMI BEL II (Março 91).

Em relação aos cruzeiros de Inverno, a observação das distribuições da carga orgânica ( $\mu\text{g/l}$ ) e do conteúdo em carbono das amostras (%), mostra que:

- no cruzeiro de Março de 1991 ocorrem, à superfície, valores elevados de carga orgânica associada com os rios, principalmente na proximidade do rio Lima. Nessa área, as percentagens de COP são superiores a 20%, o que sugere importante contribuição de material orgânico. Já na plataforma interna perto do rio Douro, o conteúdo em COP é mais baixo (inferior a 11%), sugerindo aumento da contribuição em partículas terrígenas (fig. V-3).
- no cruzeiro de Novembro de 1996, os valores de conteúdo orgânico à superfície são, em geral, baixos (fig.V-4). Contudo, o temporal de 19 de Novembro provocou, na estação mais próxima da costa, um aumento da carga orgânica das águas, que quase triplicou. Pelo contrário, as percentagens de COP mantiveram-se praticamente inalteradas. O conteúdo em carbono (%) apresenta os valores mais elevados na plataforma externa, e evidencia a presença de águas pouco ricas em COP na plataforma interna a média. Estes baixos conteúdos em COP encontram-se, provavelmente, associadas a águas estuarinas, ricas em

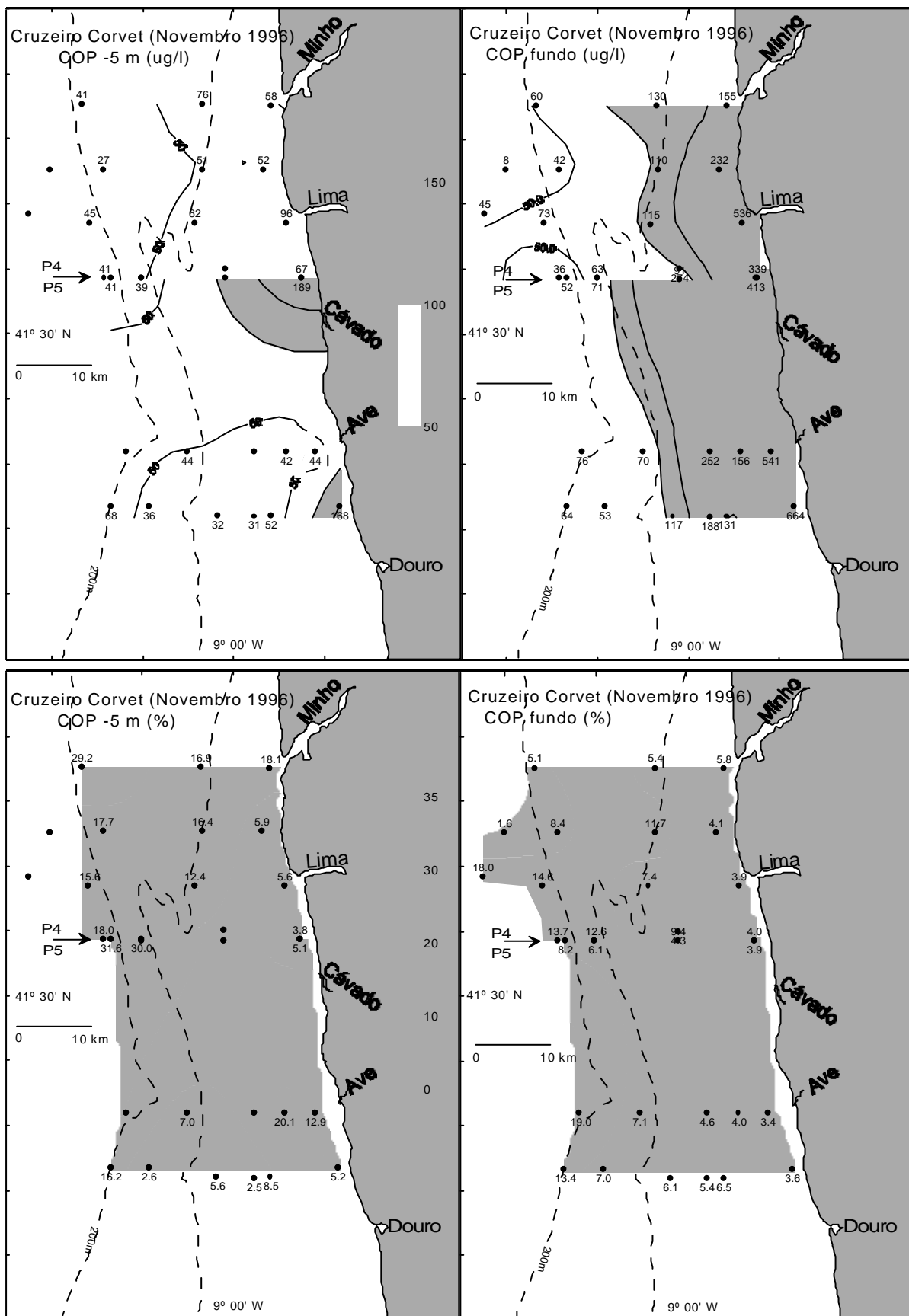


Figura V-4. Distribuição da carga orgânica (µg/l) e do conteúdo em carbono das amostras (%), colhidas a -5m e no fundo, para o cruzeiro CORVET (Novembro 96). O perfil 4 e 5 estão separados pelo temporal de 19 de Novembro.

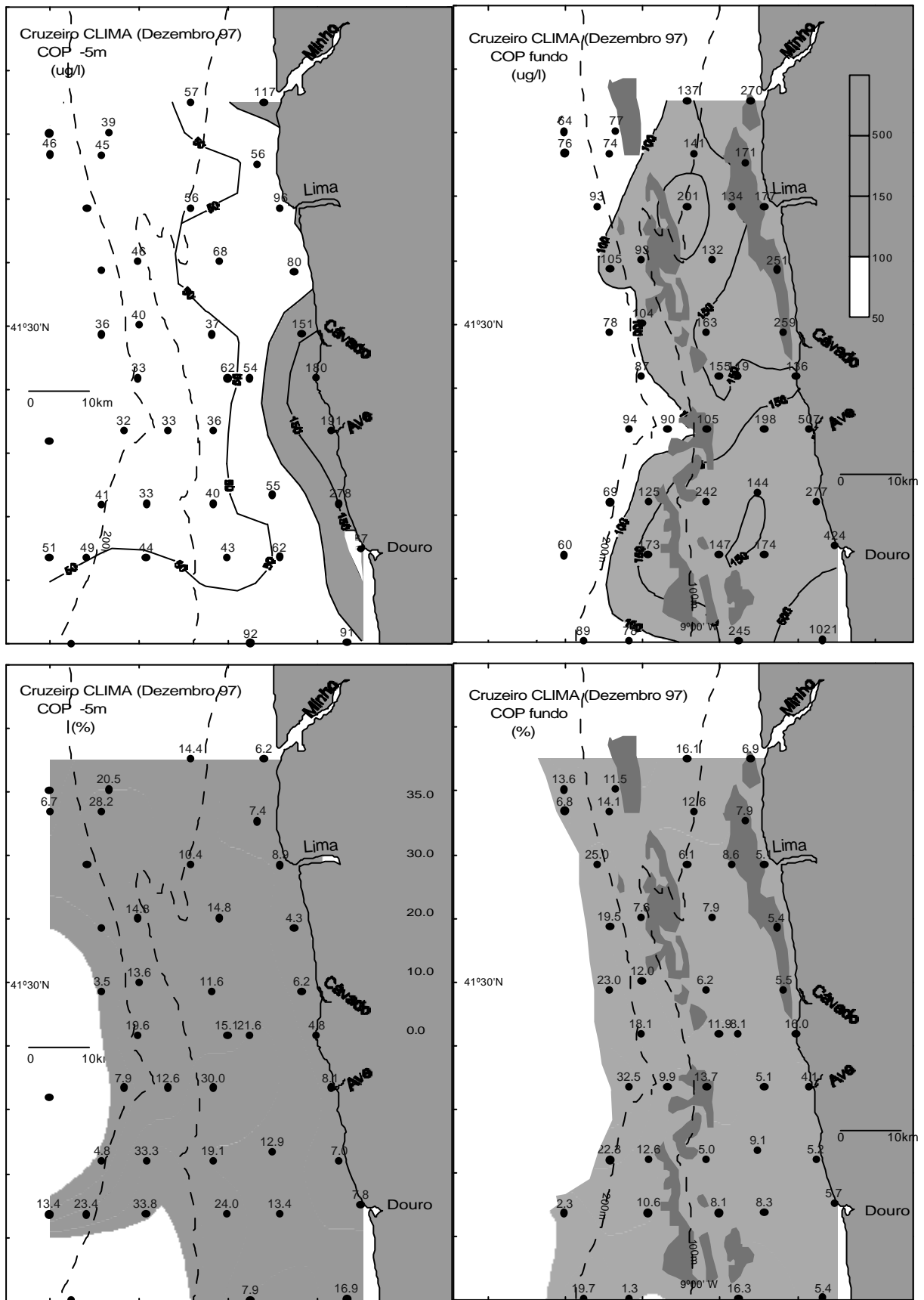


Figura V-5. Distribuição da carga orgânica ( $\mu\text{g/l}$ ) e do conteúdo em carbono das amostras (%), colhidas a -5m e no fundo, para o cruzeiro CLIMA (Dezembro 97).

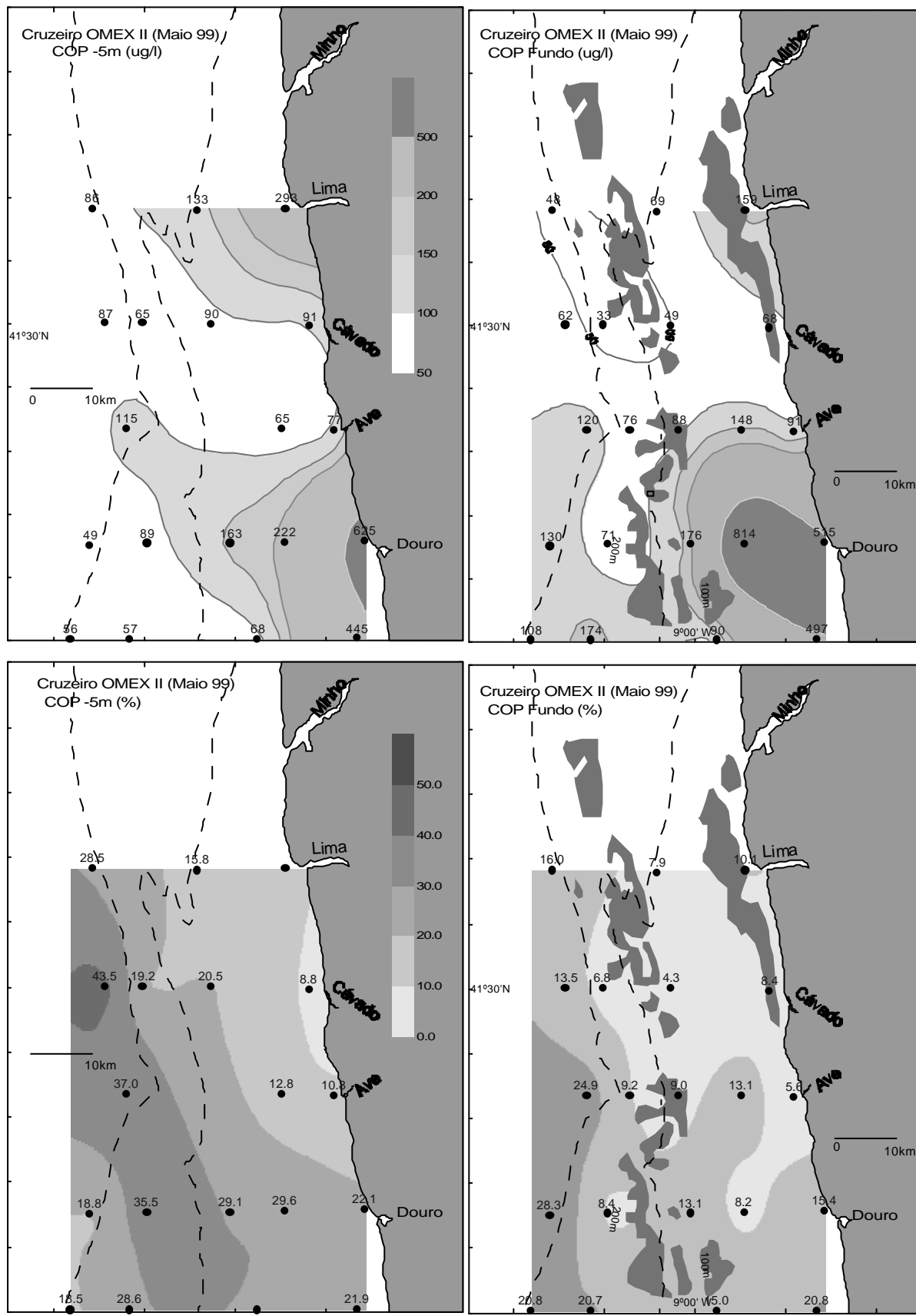


Figura V-6. Distribuição da carga orgânica ( $\mu\text{g/l}$ ) e do conteúdo em carbono das amostras (%), colhidas a -5m e no fundo, para o cruzeiro OMEX II (Maio 99).

elementos terrígenos, provenientes dos rios, com especial destaque para o rio Douro (escoamento superior). Junto ao fundo, o conteúdo de COP era inferior ao da superfície, aumentando para a plataforma externa e bordo nas vizinhanças do canhão submarino do Porto, o que sugere uma rápida transferência de material orgânico dos níveis superficiais da coluna de água para o fundo.

- no cruzeiro de Dezembro de 1997 verifica-se, à superfície, a mesma tendência do cruzeiro anterior, com o conteúdo em carbono das águas a aumentar para a plataforma média e externa, decrescendo no bordo e vertente continental. As águas oceânicas mais ricas em carbono ocorrem na plataforma externa entre os rio Ave e Douro (fig.V-5). Na proximidade do fundo, é de salientar os valores de COP observados na vertente continental superior e na proximidade do canhão do Porto, que são superiores aos verificados aos 5m. Estes valores elevados sugerem importante contribuição de carbono da camada fótica superficial, ou então, mais provavelmente, o enriquecimento esporádico da CNF em carbono em consequência da forte remobilização dos sedimentos de fundo da plataforma média a externa, que se verifica durante os temporais de Inverno.

- As distribuições do COP referentes ao cruzeiro realizado na Primavera (Maio 99) revelam conteúdos importantes de C orgânico tanto na CNS, como na CNF (fig.V-6). A carga orgânica é elevada na proximidade dos rios Douro ( $>500\mu\text{g/l}$ ) e Lima ( $>290\mu\text{g/l}$ ), com tendência para diminuir para o bordo da plataforma, onde o conteúdo em carbono (%) apresenta os valores mais elevados. Neste cruzeiro realizaram-se colheitas ao longo da coluna de água (superfície, meio e fundo), tornando-se assim possível a elaboração de perfis perpendiculares á costa (fig.V-7). Estes perfis mostram que os valores superiores de COP (%) se encontram à superfície, com os valores mais baixos geralmente na plataforma média a externa, na proximidade do fundo. É de realçar que os valores elevados de COP ( $>20\%$ ) encontrados na vertente continental a profundidades superiores a 300m (secção 3 e 4) implicam necessariamente um transporte rápido de matéria orgânica para estas profundidades.

Com estes dados construíram-se gráficos que relacionam o conteúdo de carbono orgânico com a matéria total em suspensão (mg/l), para a superfície e fundo (fig.V-8 e fig. V-9). Cada cruzeiro representa uma situação diferente o que induz distribuições distintas, em função da maior ou menor influência da produção oceânica (linhas a tracejado e a cheio). Nas águas superficiais (CNS), o antagonismo entre os rios e a influência marinha é responsável pela variação entre baixos e altos valores de carbono. Nas amostras de fundo é fácil detectar a

influência de partículas que provêm da coluna de água superior ou aquelas que provêm da resuspensão de sedimentos do fundo (Cauwet, 1990).

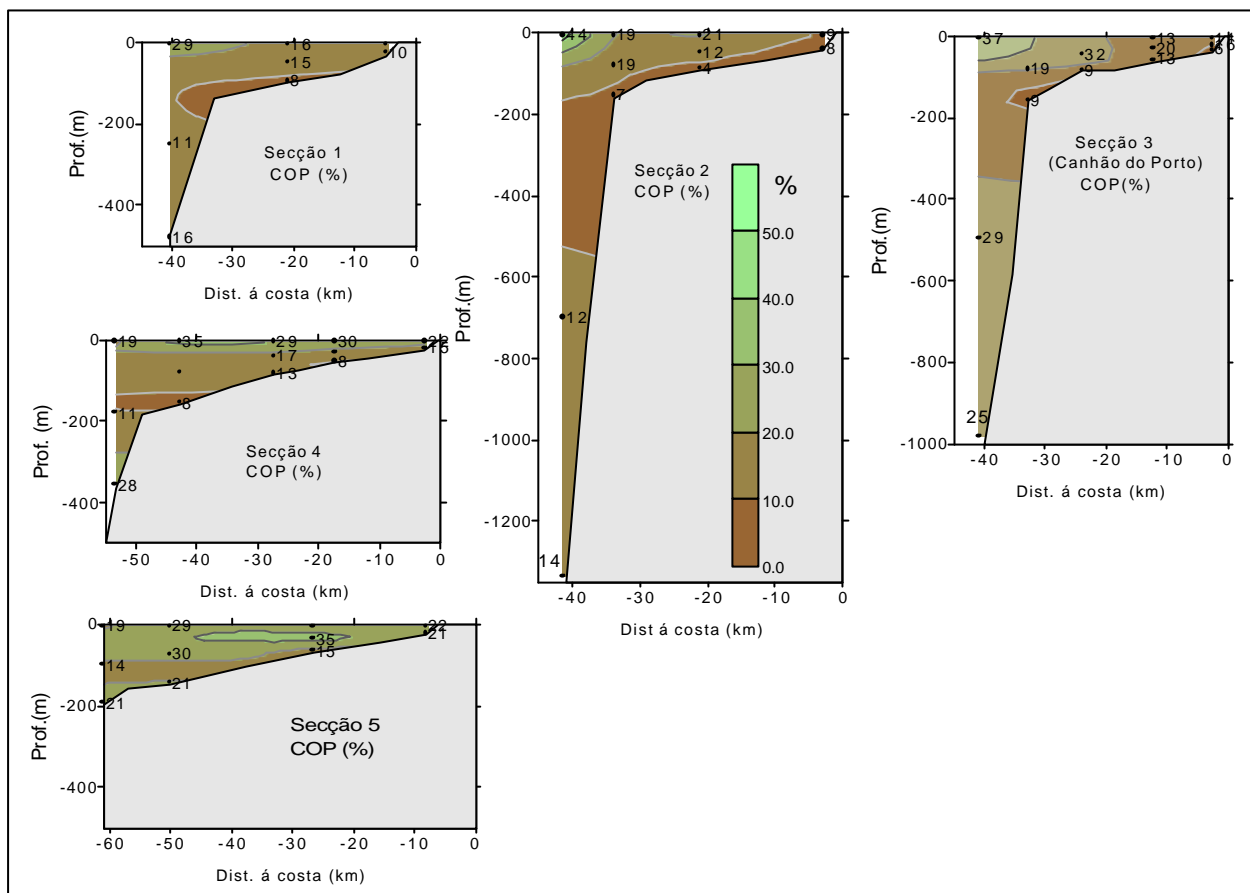


Figura V-7. Secções perpendiculares á costa de COP (%), para o cruzeiro Omex II/99 (Maio 99).

Pela observação da figura V-8 podemos na CNS, definir-se três grandes grupos de amostras em relação ao seu conteúdo em carbono (%):

- 1º. inclui a maioria das amostras, com valores de concentração inferiores a 1 mg/l e percentagens de COP superiores a 10%;
- 2º. inclui as amostras de Inverno, com maior influencia dos rios, verificando-se valores de concentrações superiores a 1 mg/l e percentagens de COP inferiores a 10%;
- 3º. inclui as amostras de Verão e Primavera, com maior influência marinha, observam-se concentrações superiores a 1,5 mg/l e percentagens de COP superiores a 20%.

Na CNF (fig. V-9), no Inverno, as amostras com valores de MST superiores a 1,5-2mg/l, mostram valores de conteúdo de COP abaixo de 10%. Contrariamente, durante a Primavera, ocorrem amostras com concentração superior a 2mg/l, com conteúdo de COP superior a 20%.

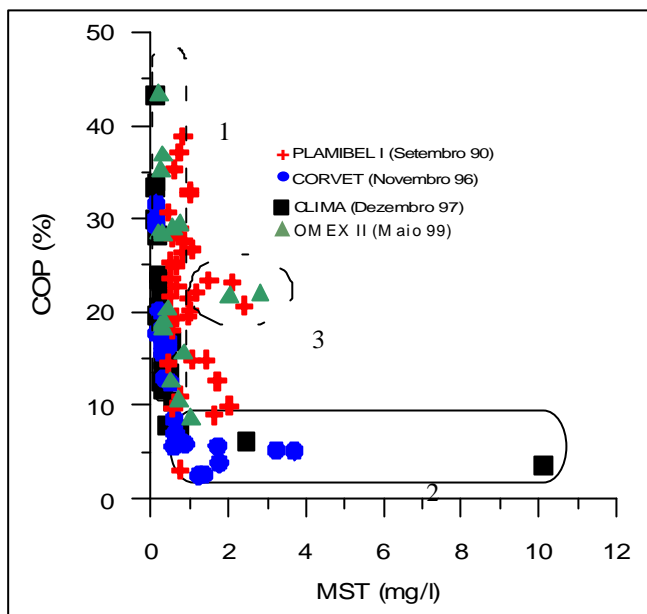


Figura V-8. Variação do COP (%) versus matéria em suspensão total (mg/l), na CNS. A linha a tracejado agrupa amostras onde a influência da produção oceânica é superior (1); a linha a cheio agrupa amostras onde a influência dos rios é superior (2); amostras ricas em COP encontradas só no Verão e Primavera (3).

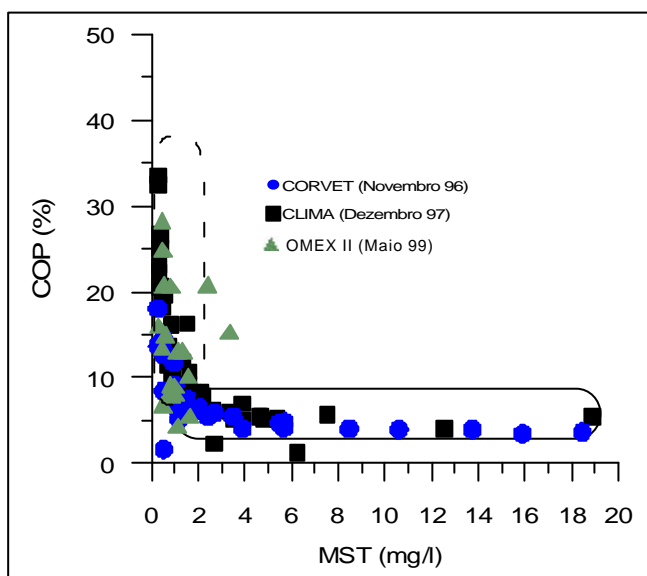


Figura V-9. Variação do COP (%) versus matéria em suspensão total (mg/l) na CNF. A linha a cheio delimita as amostras com baixos valores de COP, que provêm da resuspensão do sedimento de fundo e a linha a tracejado as amostras mais ricas em COP onde a influência da produção oceânica é superior (plataforma média a externa).

Nestes cruzeiros, as águas superficiais da plataforma a norte de Espinho nunca apresentaram valores de concentração de MPS muito elevados. Contudo, notam-se diferenças entre a situação de Verão e de Inverno. Quando o caudal é baixo e a produção marinha importante (Setembro 90, Maio 99), as amostras apresentam valores de carbono elevados (Fig. V-8); pelo contrário, quando o caudal é elevado, com forte acarreo terrígeno (CORVET 96 e CLIMA 97), os valores de COP observados são influenciados pela proximidade dos rios e são geralmente baixos.

Nas águas da CNF, os valores de carbono são geralmente mais baixos que nas águas superficiais. Nos cruzeiros de Novembro de 96, Dezembro de 97 e Maio de 99 os valores de turbidez foram muito variáveis o que está, provavelmente, relacionado com a resuspensão de sedimentos e com a ocorrência de alguns períodos calmos em que a influência das águas superficiais foi mais efectiva (cruzeiro de Maio de 99). Estes resultados sugerem que as águas do fundo podem ser mais ou menos influenciadas pelas águas superficiais e pelos sedimentos, dependendo da dinâmica que varia de cruzeiro para cruzeiro.

Nas massas de águas intermédias (cruzeiro de Maio de 99) os valores de concentração são baixos (<1mg/l), com valores de conteúdo em carbono intermédios entre a superfície e o fundo.

#### 1.4. Evolução sazonal da fracção orgânica particulada

Para se ter uma noção aproximada da evolução sazonal da componente orgânica das suspensões presentes na plataforma continental NW portuguesa (prof. ≈ 200m), utilizaram-se os valores médios, encontrados à superfície (5m) e perto do fundo, nos 5 cruzeiros realizados (Tabela V-1).

Tabela V-1. Importância da fracção orgânica nas suspensões, na plataforma continental NW Portuguesa ao longo de 5 períodos diferentes. Em Nov. 96, separou-se os valores encontrados antes e depois do temporal de 19 de Novembro.

Período	MES (mg/l)	COP		MOP% (R=2,2)
		µg/l	%	
Set.90 (-5m)	0,9	205	24,0	52,8
Mar.91 (-5m)	3,4	469	16,0	35,2
Nov.96 (-5m) (Fd)	0,6/1,0	59/85	14,0/8,0	30,8/17,6
	2,7/4,8	170/244	7,0/5,0	15,4/11,0
Dez.97 (-5m) (Fd)	1,0	77	15,0	33,0
	2,3	195	9,4	21,0
Maio 99 (-5m) (Fd)	0,9	170	22,0	48,4
	1,0	190	12,0	26,4

a) Em Setembro e em Maio, as concentrações de COP são próximas de 200µg/l, representando uma fracção extremamente importante das suspensões (22-24%). A concentração média de partículas em suspensão (CPS) determinada por filtração foi cerca de 0.9 mg/l. Se nós assumirmos que a CPS contém cerca de 24% de COP ou seja 52,8% de matéria orgânica particulada (MOP), então cerca de 47% ou 0.42mg/l de CPS é terrígeno ou material litogénico.

b) em Março, verificou-se um aumento significativo dos caudais dos rios da região (rio Douro e Minho), devido à forte pluviosidade observada durante este período, com o

consequente aumento da carga sólida presente na plataforma. O valor médio de COP era de  $500\mu\text{g/l}$ , representando ainda uma fracção importante das suspensões (16%).

c) em Novembro e Dezembro, os débitos fluviais foram muito variáveis. À superfície, os valores de COP foram baixos ( $<80\mu\text{g/l}$ ), assim como a carga em suspensão total. Contudo, a fracção orgânica das suspensões não ultrapassou o valor médio de 15%. Perto do fundo, a carga em suspensão total é superior devido aos processos de remobilização do material do fundo induzida pela ondulação forte, aumentando assim a carga orgânica ( $>170\mu\text{g/l}$ ). Pelo contrário, o conteúdo em carbono diminui em relação à fracção mineral ( $<9\%$ ). Realizando os mesmos cálculos anteriores e considerando uma concentração média de partículas em suspensão de  $2\text{mg/l}$  que contém cerca de 9 % de COP (cerca de 20% de MOP), então mais de 80% do material em suspensão tem origem terrígena ( $1.6\text{mg/l}$ ).

### 1.5. Conclusões

A análise da distribuição do COP nas águas superficiais durante o Verão (Set.90) e Primavera (Maio 99), mostrou a importância dos rios como contribuintes de nutrientes para a plataforma continental, com destaque para os rios Douro e Lima.

Durante o Inverno, os valores encontrados para a carga orgânica são elevados mas com conteúdos de COP (%) baixos, o que sugere que a MPS é formada maioritariamente por partículas terrígenas, fornecidas directamente pelos rios e pela ressuspensão do sedimento de fundo.

Nas águas da CNF, os valores de carbono são geralmente mais baixos que nas águas superficiais.

Os valores de COP elevados ( $>20\%$ ) encontrados na proximidade do canhão do Porto, a profundidades superiores a 200-300m, o que sugere ser este um local preferencial para o transporte rápido de matéria orgânica para a vertente continental.

#### Resumo:

No inverno, as percentagens inferiores de COP foram observados perto do fundo e na vizinhança dos rios (locais onde a carga em suspensão aumenta), variando entre 3.4 e 8.9%. Com o aumento da profundidade, a redução da ressuspensão e o aumento da distância aos rios, as percentagens de COP aumentam, com valores que variam de 4 a 32%, na secção do canhão do Porto. Isto sugere uma suspensão rica em organismos planctónicos, com o decréscimo ou mesmo ausência de elementos terrígenos. Na Primavera, os valores de POC aumentam ligeiramente, com conteúdos médios de 22% na CNS e 12% na CNF.