

---

## CAPÍTULO VI

### Interface água/sedimento

---

Como foi referido anteriormente, um dos objectivos do presente trabalho é a comparação das características composicionais e granulométricas da MPS com as dos sedimentos finos que se encontram depositados na plataforma a norte de 41°N entre as profundidades de 40 e 160m. Para isso utilizou-se o primeiro centímetro superficial das amostras de sedimento colhido durante os cruzeiros CORVET 96 e GAMI NEX 98. Observações de campo recentes, bem como a modelação do transporte sedimentar em plataformas continentais a profundidades superiores a cerca de 40m, indicam que apenas os primeiros milímetros superficiais dos sedimentos sofrem ressuspensão durante uma tempestade (Drake & Cacchione, 1989; Lyne *et al.*, 1990; Wiberg *et al.*, 1994).

#### 1. Carbono orgânico particulado

O conhecimento do teor de carbono orgânico particulado (COP) dos sedimentos da plataforma continental portuguesa é escasso, reduzindo-se essencialmente à plataforma adjacente ao rios Tejo e Sado. Nesta região, o conteúdo de COP varia de 0,3 a 5,1%, com um valor médio de 1% (Jouanneau *et al.*, 1998).

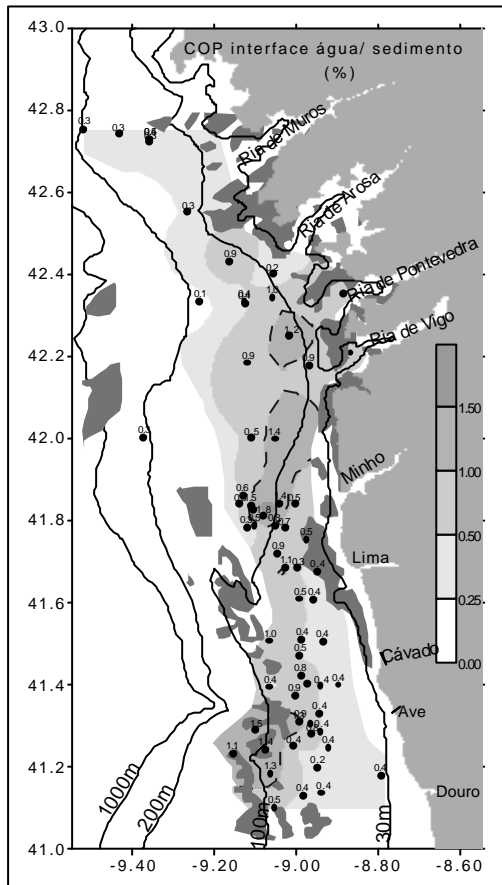
Na plataforma portuguesa a norte de Espinho e na Galiza, os sedimentos foram recentemente estudados no âmbito do projecto OMEX, encontrando-se valores de COP que variam entre 0,1 e 1,8%, com valor médio de 0.7% (1cm). Os valores de COP encontrados na plataforma entre o Douro e o Minho são muito semelhantes aos que ocorrem na plataforma galega (fig.VI -1A), existindo uma nítida dependência entre o padrão de distribuição do COP e a granulometria média do sedimento, com claro decréscimo do conteúdo de COP com o aumento do tamanho médio do grão (fig. VI -1B).

Através da relação COP vs profundidade (fig.VI -1C), observa-se que não existe decréscimo do COP com a profundidade, uma vez que se observam valores semelhantes aos 30m e aos 225-300m de profundidade. Contudo, existe um aumento importante do conteúdo de COP entre os 75m e os 125m que deverá estar, maioritariamente, relacionado com os sedimentos finos da plataforma.

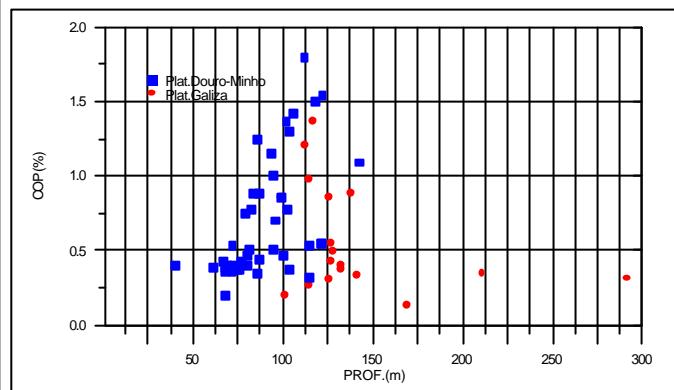
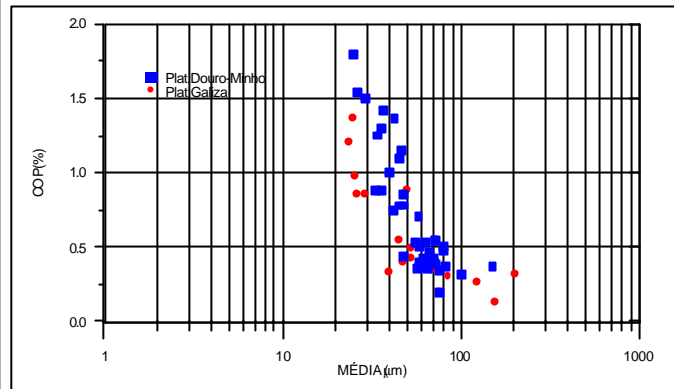
Considerando o valor médio de 0.7%, observa-se uma redução muito significativa entre os valores observados na CNS ( valor médio de 24% no Verão e 14% de Inverno) e CNF (12% na

Primavera e 9% de Inverno) e o valor de COP nos sedimentos. No sedimento de fundo fica preservado cerca de 0.17% do COP que se encontra na CNS sse considerar o valor médio de 24%.

A)



B)



C)

Figura VI-1. - A) Mapa de distribuição do conteúdo em COP da interface água/sedimento; os traços diagonais representam os afloramentos rochosos; B) gráfico que relaciona % COP com o tamanho médio do grão e C) gráfico relação % COP com a profundidade.

## 2. Granulometria

Os dados de granulometria do sedimento desagregado foram obtidos com o Malvern, utilizando as lentes com focal de 300 (487-1,5 µm) e 100 (188-0,5µm).

A análise granulométrica foi feita integrando as amostras dos cruzeiros CORVET96 e GAMI NEX (fig.VI-2).

As 66 amostras de sedimentos analisadas correspondem essencialmente a siltes, siltes arenosos e areias siltsas, com cerca de 22 amostras com diâmetro médio superior a 63µm. O diâmetro médio encontra-se compreendido entre 19,2 e 203µm. São essencialmente amostras siltsas mal e muito mal calibradas ( $1.08 < \sigma < 2.28$ ), que mostram predomínio de curvas com

assimetria muito positiva (86% das amostras). Apenas 5% são aproximadamente simétricas e 8% têm assimetria muito negativa.

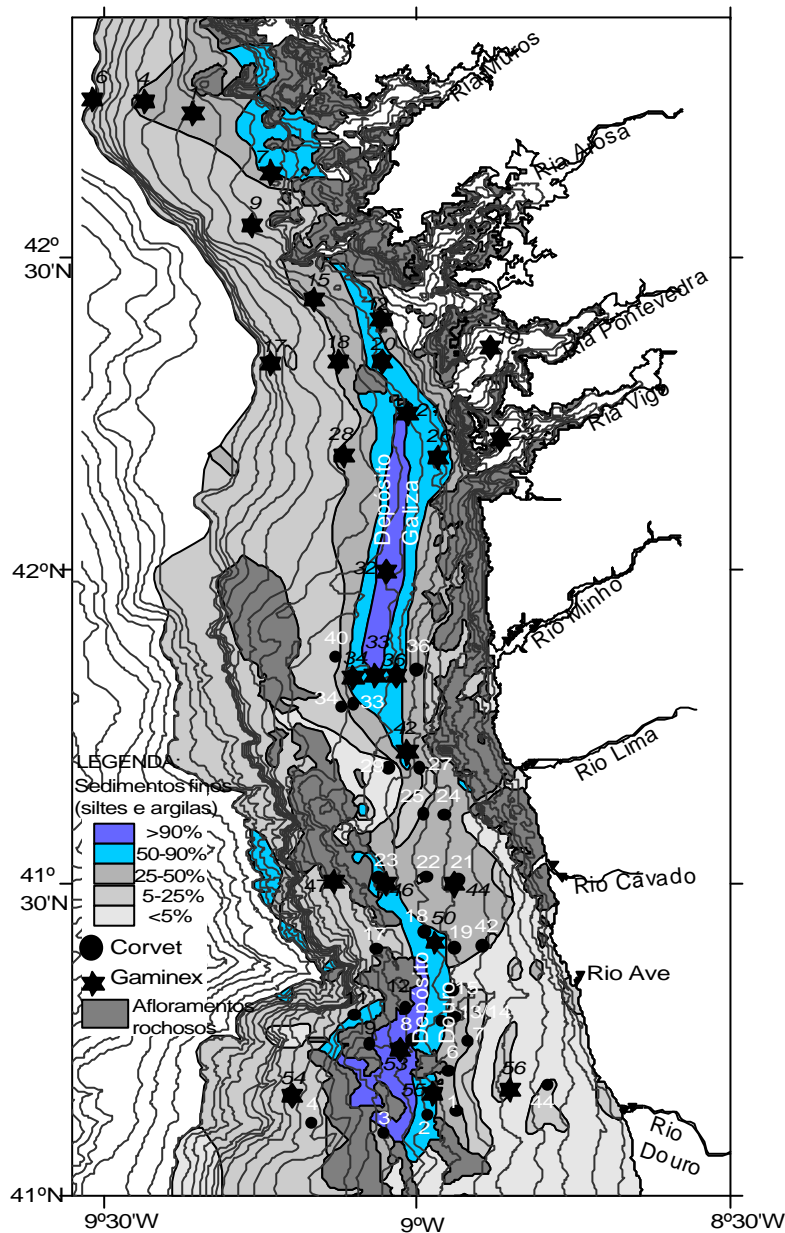


Figura VI-2. Localização das amostras de sedimentos de fundo colhidos durante o cruzeiro CORVET 96 (bolinhas a negro) e GAMI NEX (estrelas a negro), sobrepostos ao mapa da distribuição percentual dos sedimentos finos, segundo Dias *et al.*, (2000).

Em relação às amostras colhidas nos depósitos silto-argilosos (delimitados a azul na figura VI - 2), as do depósito do Douro são na sua maioria siltes arenosos com baixo conteúdo em argila (<12%), sendo as do depósito do Minho-Galiza comparativamente mais grosseiras (> % de areias finas) como se pode observar na distribuição das fracções granulométricas transferidas para um diagrama ternário (Fig. V-3).

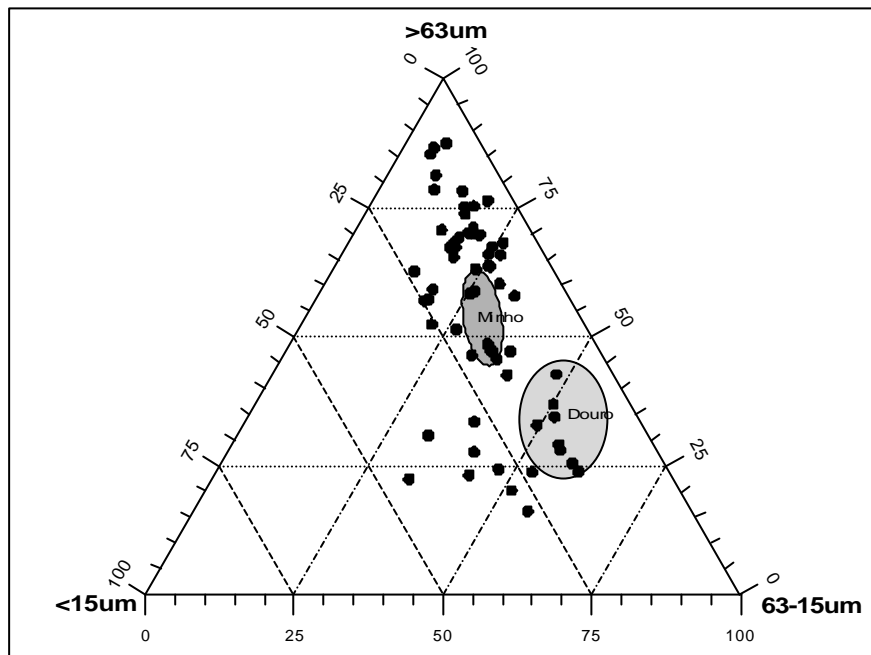


Figura V-3. Diagrama ternário com as distribuições das fracções granulométricas para as amostras de fundo colhidas nos cruzeiros CORVET96 e GAMI NEX. Delimitação de algumas amostras pertencentes aos depósitos silto- argilosos do Douro e Minho-Galiza.

**2.1.Caracterização textural**

Na análise dos gráficos interparâmetros (fig.VI -4), verifica-se que as amostras têm no geral diâmetro médio inferior a 63µm, excepto as amostras colhidas na plataforma externa e no bordo da plataforma. A assimetria e o desvio padrão revelam alguma dependência com o diâmetro médio, embora não muito significativa.

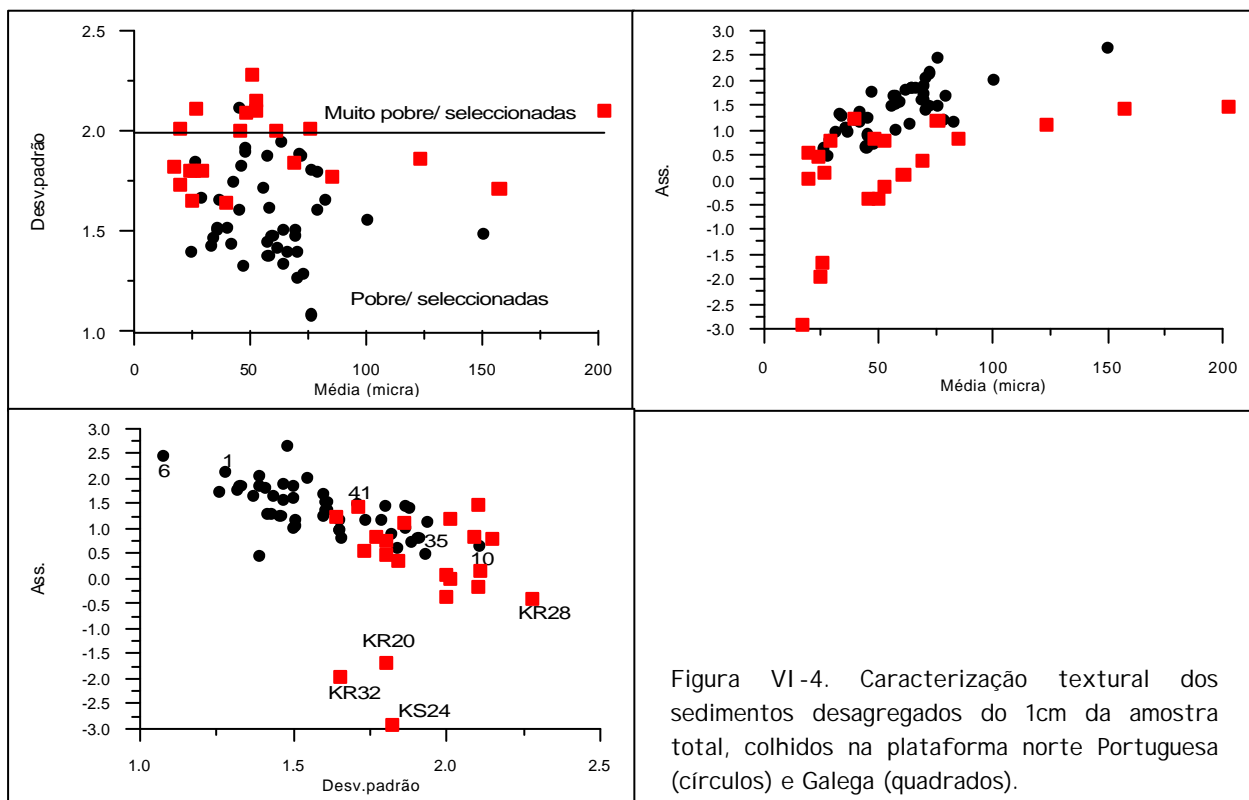


Figura VI-4. Caracterização textural dos sedimentos desagregados do 1cm da amostra total, colhidos na plataforma norte Portuguesa (círculos) e Galega (quadrados).

Estes gráficos parecem indicar que os sedimentos da plataforma portuguesa são mais homogêneos que os da plataforma galega, que apresenta algumas amostras com curvas muito pouco calibradas e com assimetria muito negativa (com curvas enriquecidas em grosseiros).

A observação dos mapas de distribuição deste três parâmetros mostra uma variação textural acentuadamente este-oeste, mas também sul-norte, embora em menor escala (fig. VI -4).

Na plataforma adjacente às rias de Pontevedra e Vigo e a norte do rio Minho, os sedimentos têm diâmetro médio inferior a  $30\mu\text{m}$ , mas apresentam importante enriquecimento em grosseiros, o que não se verifica em nenhuma amostra colhida a Sul. Como estas amostras se encontram na plataforma média, longe da influência dos rios e da erosão do litoral, que pode introduzir partículas grosseiras, e fora da influência remobilizadora da ondulação, que provoca a extracção de sedimentos finos, esta assimetria poderá ser explicada pela integração de partículas biogénicas mais grosseiras (ver fig. VI -1A).

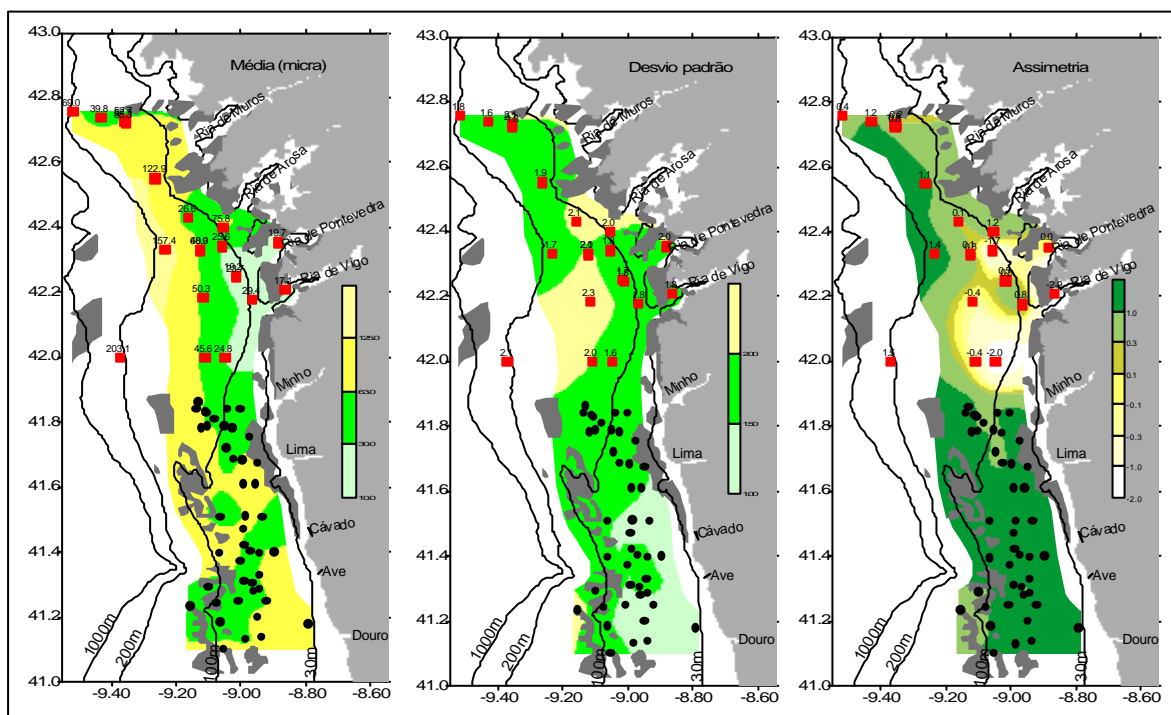


Figura VI -4. Mapas de distribuição dos parâmetros texturais, média, desvio padrão e assimetria, da interface água sedimento.

### 2.1.1. Moda siltosa

O estudo da moda permitiu verificar que as amostras com teores de areia inferiores a 50%, apresentavam a moda principal no domínio dos siltes ( $61.5-34.1\mu\text{m}$ ). Contudo, observou-se que esta moda siltosa grosseira desaparecia nas amostras com percentagem de areia superior, surgindo uma moda no domínio das areias finas ( $82.5\mu\text{m}$ ) ou superior. A moda fina dos siltes centra-se nos  $27-10\mu\text{m}$ .

Analisando a evolução da moda principal ao longo do depósito silto-argiloso do Douro, num perfil E-W (Fig. V-6), verifica-se que a moda principal das amostras se torna gradualmente mais fina, desde os 60m (início do depósito silto-argiloso do Douro) até aos afloramentos rochosos da plataforma média a externa (150m), passando da areia muito fina (82.5 $\mu$ m) a silte grosseiro-médio (34.1 $\mu$ m). A maiores profundidades, o sedimento torna-se muito mal calibrado e heterométrico (est. 7). Esta deficiente calibragem dos sedimentos da plataforma externa e bordo da plataforma pode dever-se sobretudo a níveis energéticos baixos, insuficientes para calibrar a areia, sedimentação activa do tipo misto (terrígena e biogénica) e e/ou proveniências distintas do material sedimentar em deposição (Magalhães, 1993, 1999).

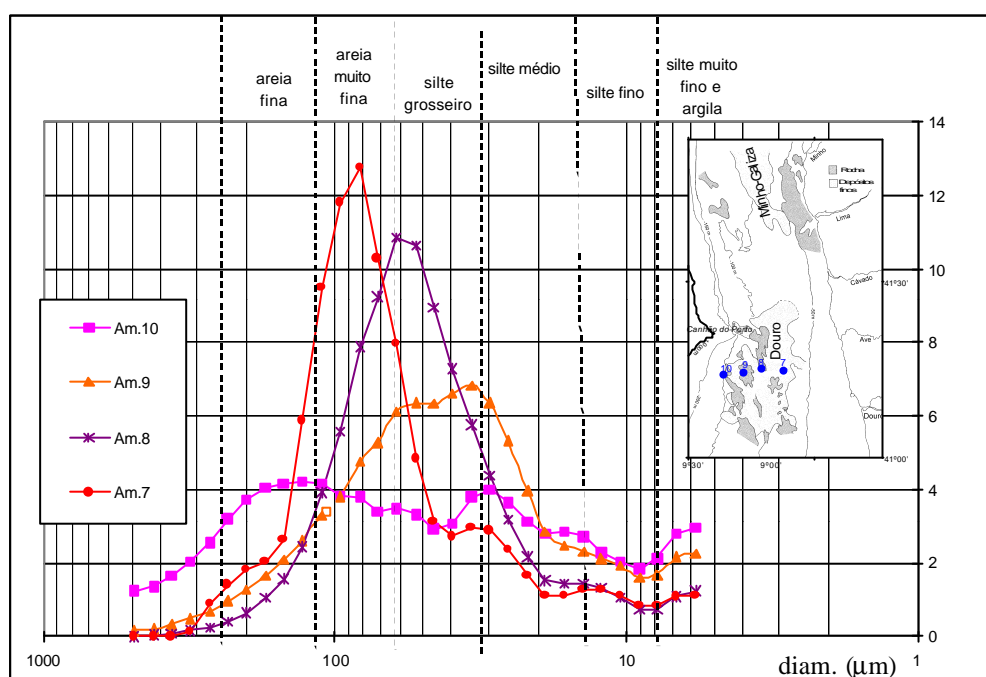


Figura VI -6. Evolução da moda principal ao longo de um perfil E-W (est.7 na plataforma média e est.10 na plataforma externa), que atravessa o depósito silto-argiloso do Douro.

A composição maioritariamente siltosa do depósito do Douro e a diminuição da moda principal para o bordo sugerem um meio de deposição sob o efeito de fluxos variáveis mas relativamente fortes. Segundo McCave (1995), a deposição sob o efeito de fluxos fortes (10-18 cm/s) origina sedimentos com diminuto teor em argila, ocorrendo aumento da percentagem e do diâmetro da moda do silte. Assim, no bordo Este observa-se um sedimento com baixo teor em argila e elevado conteúdo em areia fina e silte grosseiro, passando a um sedimento mais fino na vizinhança dos afloramentos rochosos da plataforma externa. Estes afloramentos rochosos proporcionam possivelmente um meio menos energético, confirmado também pelas taxas de sedimentação superiores encontradas a este dos afloramentos (0,31-0,58 cm/ano, de acordo com Drago *et al.*, 1999), que permite a deposição de partículas de menores dimensões.

No depósito do Minho-Galiza, um perfil E-W realizado no seu limite sul permite observar na plataforma média uma moda principal centrada na areia muito fina que passa para a areia fina na plataforma externa (Fig. VI-7). A moda do silte grosseiro a médio é muito menos importantes neste perfil encontrando-se sobretudo sob a isóbata dos 100m (est.37). Contudo, nunca constitui moda principal (percentagem muito inferiores ao depósito do Douro), o que indicia um meio de deposição mais energético.

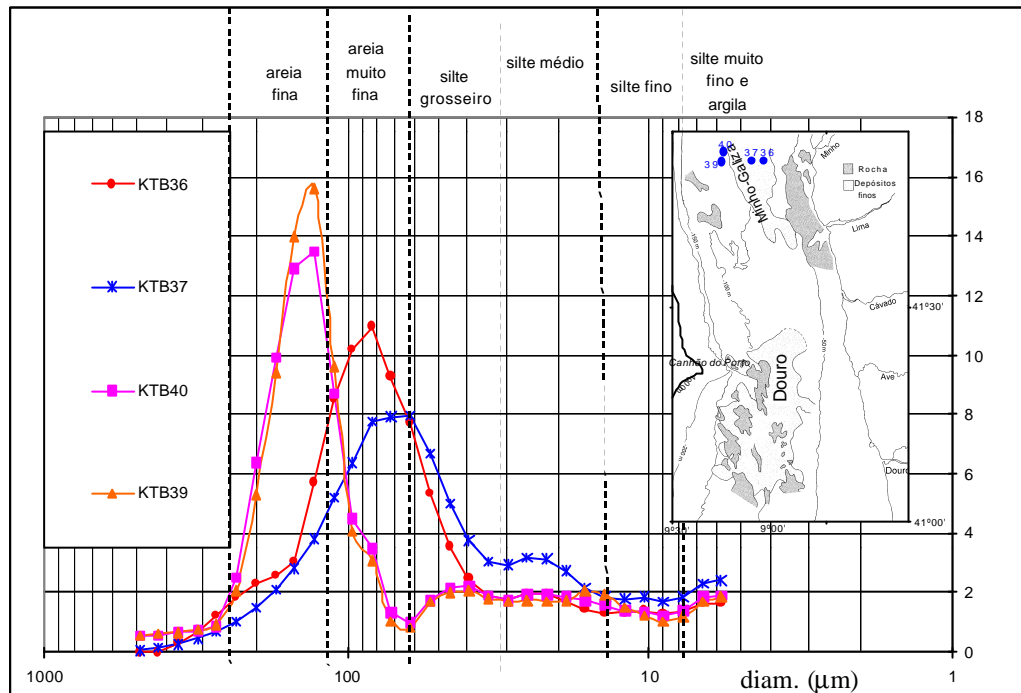


Figura VI-7. Evolução da moda principal ao longo de um perfil E-W (est.36 na plataforma média e est.39 na plataforma externa), que atravessa o depósito silto-argiloso do Minho.

Estas observações encontram-se de acordo com as realizadas anteriormente por Drago *et al* (1999) que verificaram que este depósito era mais grosseiro (com maior percentagem de areia) que o do Douro e com taxas de sedimentação inferiores. Segundo Drago *et al.*, (1999), a baixa taxa de sedimentação (0,15-0,17 cm/ano) encontrada neste depósito resulta provavelmente da dispersão do sedimento fino por uma área aberta sem obstáculos, resultando numa maior homogeneidade na distribuição do sedimento.

2.2. Relação entre a granulometria da MPS e dos depósitos finos da plataforma

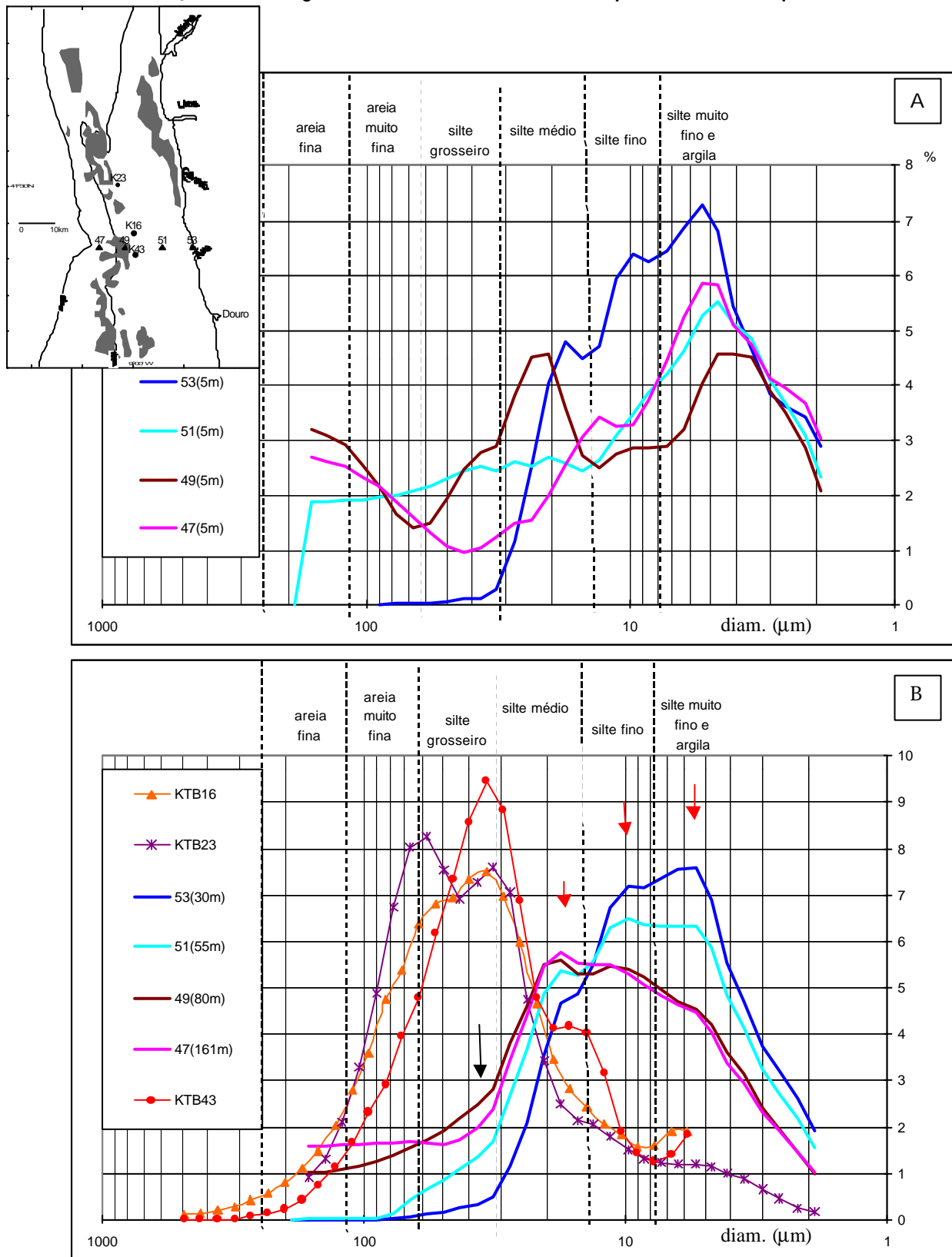


Figura VI -8- Curvas de distribuição granulométricas representativas das amostras colhidas na CNS (A) e na CNF (B) comparadas com amostras de sedimento da interface (1cm). A localização das estações encontra-se no mapa ao lado; os triângulos representam as estações de MPS e os círculos as amostras de sedimento colhidas no cruzeto CORVET96.

As amostras da MPS eram formadas essencialmente por partículas das dimensões das argilas e silte fino (<10 $\mu\text{m}$ ), correspondendo a mais de 50% do MPS (Fig.VI -8A). Visto que a dimensão 8 $\mu\text{m}$  determinada por laser é equivalente a 2 $\mu\text{m}$  determinado por pipetagem (Konert & Vandenberghe, 1997) é provável que muito mais de 50% do material seja de facto inferior a 2 $\mu\text{m}$ . Durante o Inverno as curvas de distribuição eram polimodais (bi e trimodais) com uma moda fina por volta dos 5 $\mu\text{m}$  (4.4-5.4 $\mu\text{m}$ ), uma moda intermédia por volta dos 10 $\mu\text{m}$  (9.8-11.4 $\mu\text{m}$ ) e uma moda grosseira aos 18 $\mu\text{m}$  (17.7-20.5 $\mu\text{m}$ ) (Fig. VI -8). Estes três picos observam-se tanto à superfície como na proximidade do fundo, embora modas mais grosseiras possam ocorrer na CNS (amostras colhidas mais ao largo), correspondendo a restos biogénicos de dimensões superiores.

A granulometria da interface água-sedimento mostrou um sedimento maioritariamente siltoso (fracção inferior a 63 $\mu\text{m}$  >50%), com uma moda fina (27-10  $\mu\text{m}$ ) que corresponde *grosso modo* à moda grosseira presente na CNF. Observando o perfil realizado com as amostras da CNF (Fig VI -8B), observa-se um aumento para o largo da importância da população de partículas pertencentes à fracção do silte grosseiro (seta a preto,  $\approx$ 34 $\mu\text{m}$ ) o que corresponde à fracção que está a ser introduzida na CNF por resuspensão do sedimento da cobertura sedimentar.

As curvas granulométricas apresentam percentagem de argila mais baixa, com aumento da percentagem de areia fina e silte grosseiro; não foi possível identificar na maioria das curvas granulométricas realizadas nos sedimento de fundo a moda fina (4,7-5,4 $\mu\text{m}$ ) que se encontra em suspensão (são possivelmente partículas que se encontram sempre em suspensão só se depositando como agregados), excepto em algumas amostras mais finas da plataforma média a externa (por ex. amostra ktb23). A deposição da argila e silte fino é suprimida quando se verificam velocidades de correntes compreendidas entre 10-18 cm/s. No cruzeiro CORVET 96, ondas de 6-8m e período 12s induziram velocidades orbitais de 20cm/s a uma profundidade de 80m (Vitorino & Coelho, 1998), suficiente para impedir a deposição destes sedimentos e mesmo para ressuspender os sedimentos anteriormente depositados.

Na tabela VI-1, referem-se os teores mínimos, máximos e médios das percentagens das fracções <10 $\mu\text{m}$  e >63 $\mu\text{m}$ . Constatam-se que a percentagem média da fracção inferior a 10  $\mu\text{m}$  nos sedimentos de fundo corresponde a menos de 12% do total, sendo substancialmente inferior à observado nas amostras em suspensão (>50%).

Tabela VI -1. Teores mínimos, máximos e médios das percentagens das fracções argila e arenosa.

	Areias e siltes (<2mm)			Argilas (<10µm)		
	Min.	Max.	Média	Min.	Max.	Média
Corvet96 (-5m)	0	29	8.5	9	80	51
Clima 97 (-5m)	0	32	7.0	29	83	62
(fundo)	0	11	3.0	36	83	58
Sedimentos (1cm)	13.5	48	30	6.5	21	12

### 2.2.1. Conclusões

Os sedimentos de fundo apresentam uma moda fina que corresponde *grosso modo* à moda grosseira dos sedimentos em suspensão;

O pico fino (5µm) não foi geralmente identificado na interface água-sedimento correspondendo a partículas que se encontram sempre em suspensão, pelo menos durante o Inverno;

A população de partículas pertencente ao silte grosseiro (≈34µm) corresponde à fracção que está a ser introduzida na CNF por ressuspensão do sedimento do depósito silto-argiloso do Douro.

### 3. Composição mineralógica dos sedimentos finos da plataforma continental norte

Para este estudo, utilizou-se a difractometria de raios X (DRX) como análise preferencial para identificar a composição da fracção fina (< 63µm) e da fracção argilosa (< 2µm) da interface água - sedimento (1cm). Determinou-se o conteúdo mineralógico em 57 amostras colhidas durante os cruzeiros CORVET/96 e GAMI NEX, realizados respectivamente em Novembro de 1996 e em Julho de 1998. Analisaram-se preferencialmente as amostras dos depósitos finos da plataforma.

Os resultados estão listados na tabela VI-2 e VI-3. Na tabela VI-2 estão representados as percentagens dos principais minerais da fracção fina dos sedimentos da plataforma Norte Portuguesa e Galega. A figura VI-9 representa um difractograma característico da fracção fina.

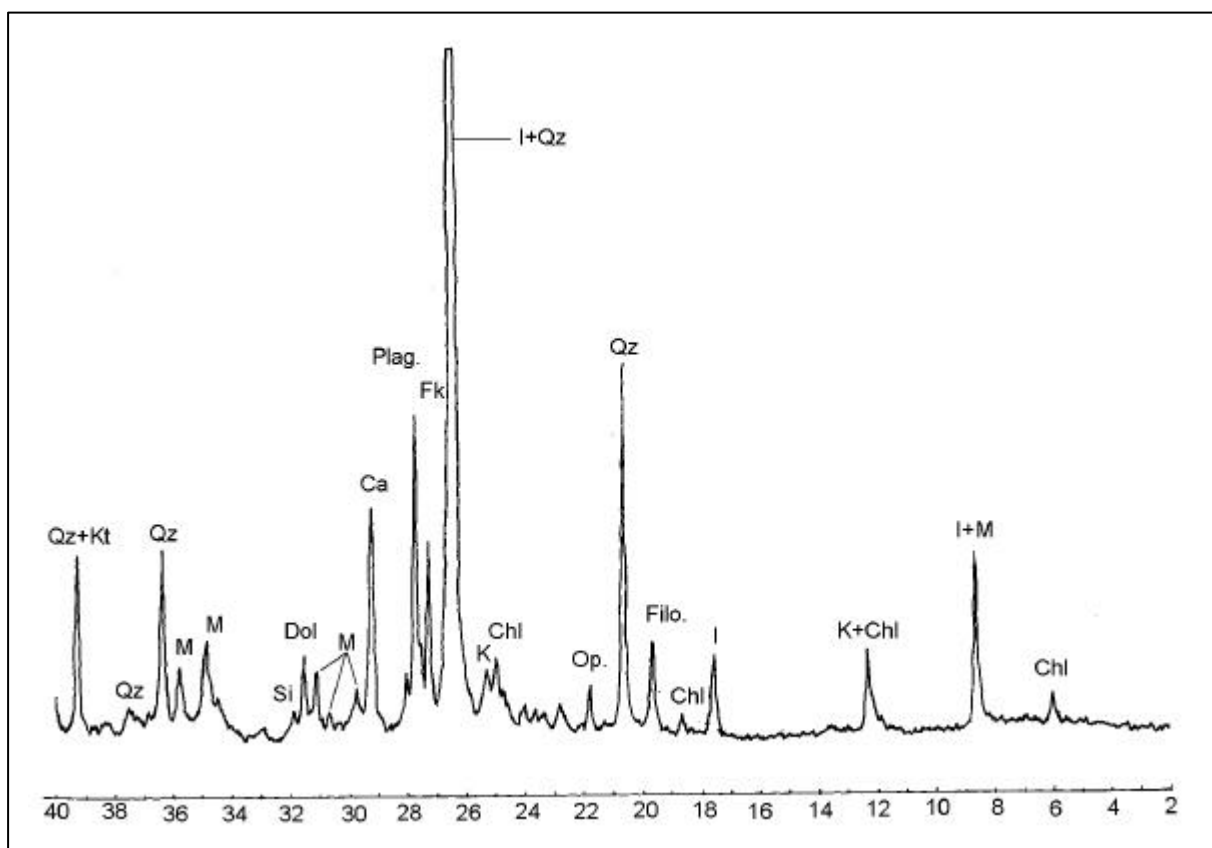


Figura VI-9. Difractograma representativo da fracção fina dos sedimentos da plataforma galega (amostra KRGX20, frente à ria de Pontevedra). A nomenclatura usada representa: Chl= clorite; I+M=ilite+mica; Q=quartzo; Ca=calcite; K=caulinite; Fk=feldspato potássico; Plag.=plagioclase; Dol=dolomite; Filo.=filossilicatos; Si=siderite; Op=opala.

Tabela VI-2. Mineralogia da fracção fina da plataforma minhota e galega (%). Amostras do cruzeiro GAMI NEX, representadas por um x.

	Est.	qz	mica	cl.	caul.	feldsp. k	plag.	op.	zeólito	calcite	dolom.	sid.	magne.	pirite
M i n h o	1	34	19	1,5	4	17	17	1,5	0,5	4	1,5	0	0	0
	2	39	22	1,5	5	10	12,5	3	0,5	5	1,5	0	0	0
	3	41	14	1	2,5	10	20	1	0,1	9	1	0	0	0,5
	4	17	7	0	1,5	7	17	1	0	44	3	1	0	1,5
	6	43	18	0,5	2,5	7,5	17,5	3,5	0,5	3,5	2,5	0,5	0	0,5
	7	36	18	1	3,5	13	18	4	1	2,5	1,5	1	0	0,5
	8	34	16	1	3,5	11	14	2,5	0,5	13	2,5	1	0	1
	9	32	24	1	5	4	15	4	0,1	12	1	1	0	1
	11	20	20	1	5	5	14	2	1	26	3	1,5	0	1,5
	12	33	18	1	7	9	11	3	1	13	1,5	1	0	1,5
	13	27	40	1,5	5,5	7	5,5	8,5	0,5	4	0,5	0	0	0
	14	35	16	1	2,5	17,5	14,5	2,5	1	3,5	3,5	1	1	1
	15	33	8	0,5	1,5	25	20	1,5	0,5	7	1	0,5	0,5	1
	17	46	6	0,5	1,5	20	10	1	0,1	8	1,5	0,5	2	3
	18	32	17	0,5	4	6,5	21	2,5	2	10	2,5	0,5	1	0,5
	19	31	15,5	0,5	4	23	15	4	0,5	4,5	0,5	0,5	0,5	0,5
	21	30	18	1	4	11	25	3	0,5	4,5	1	0,5	0,5	1
	22	30	10	1	3	22	19	1,5	0,5	12	0,5	0	0	0,5
	23	31	15	0,5	2,5	26	11	2,5	1	7,5	1,5	0,5	0,5	0,5
	24	42	10	0,5	2,5	10	23	2,5	0,5	7	1	0,5	0,5	1
	25	45	9	1	2,5	11	15	1,5	0,1	11	1,5	1	0,5	1
	27	31	12	0,5	4	23	12	1,5	0,5	10	2	0,5	0,5	2,5
	29	38	8	0,5	3	5	11	1	0,5	19	6,5	1,5	0,5	0,5
	33	34	19	1	3,5	7	16	1	1	13	3	1	0,5	1
	34	37,5	10	0,5	2	7	5,5	0,5	1	30	4,5	0,5	0,5	0,5
	36	36	21	1	5	5	21	1,5	0,5	6	1	1	0,1	1
	40	32	10	0,5	3,5	12	8	1,5	1	17	10	1	2,5	1
	42	40	15	0,5	3,5	14	16	2,5	0,5	4,5	1,5	1	0,5	0,5
	44	50	17	0,5	4	8	13	0,5	2	3	0,5	0,5	0,5	0,5
	x33	40	22	2,5	5	11	7	1	0,5	9	1,5	0,5	0	0
	x34	50	13	4,5	2	5	13	1,5	0	10	0,5	0,5	0	0,5
	x36	51	15	2	3	8	7	5	0	6	2	0,5	0	0,5
x42	44	19	2	4	14	7	1	0	6,5	1,5	0,5	0	0,5	
x44	54	11	1,5	2,5	5	21	1,5	0	2	1	0,5	0	0,1	
x46	55	12	1,5	2,5	6	9	0,5	0,1	10	3	0,5	0	0	
x47	68	3	0	1	20	3	0,5	0,1	3,5	0,5	0,5	0	0	
x50	48	15	2	3	10	11	1,5	0,1	7,5	1	0,5	0	0,5	
x53	55	22	1,5	3,5	4	5	5	0,1	3	0,5	0,5	0	0	
x54	50	3	0	0	4,5	5,5	0	0	37	0	0	0	0	
x55	46	15	1,5	2,5	10	20	1	0,5	2	1	0,5	0	0,1	
x56	42	8	1	2	15	28	1	0,5	1	0,5	1	0	0	
G a l i z a	x1	59	8	0,5	2	14	5	0,5	0	10	1	0,1	0	0
	x4	55	5	0,5	1,5	16	8	1,5	1,5	11	0	0	0	0
	x6	51	12	1	3	5	8	1	1	16	1	0,5	0	0,5
	x7	50	14	1	3	6	7	1	0,5	16	1	0	0	0,5
	x9	74	3	0,1	1	4	6	3	0,1	8	0	0	0	1
	x10	59	10	1,5	3,5	4	8	0,1	0	10	1,5	0,5	0	4
	x12	70	2,5	0	0,5	15	3	0	0	6	0	0,5	0	2,5
	x15	78	4	0,1	1	4	5	0	0	7	0	0	0	1
	x17	85	2	0	0	12	1	0	0	0	0	0	0	0
	x18	74	4	0	1,5	8	6	1	0,5	4	1	0,1	0	0
	x20	45	14	2	5	6	12	2	0	10	2,5	1	0	0,5
	x21	43	18	2	10	4	12	3	0	8	0	0	0	0
	x23	57	15	0,5	2,5	2	7	1	0,5	7,5	3	2	0	2
	x26	57	14	2	3	3	10	1	0	6	2	1	0	1
	x28	56	13	3	4	8	6,5	1	0,5	7	0,5	0	0	0,5
x32	47	30	3,5	5	3,5	10	1,5	0	5	1	0,5	0	3	

Na plataforma norte portuguesa o mineral principal é o quartzo, com valor médio de 39% (mínimo:17% e máximo:68%), seguido da mica (média 15%), plagioclase e feldspato potássico (média 14% e 11%, respectivamente).

Existem alguns carbonatos, normalmente em pequena quantidade, estando a calcite bem representada, principalmente nas estações da plataforma média a externa (média 10%). Este aumento da percentagem de calcite nos sedimentos poderá ser um reflexo do aumento da produtividade biológica proporcionado pelos afloramentos rochosos, localizados na plataforma média a externa.

A plataforma galega, em continuidade natural com a plataforma NW portuguesa, apresenta algumas diferenças ao nível da morfologia, disposição dos afloramentos rochosos e importância do fornecimento detrítico actual. Estas diferenças reflectem-se na distribuição mineralógica. Tal como na plataforma NW portuguesa, o quartzo é o mineral mais abundante, mas aqui apresenta um valor médio muito superior, 60% (máx.:85%; min:43%), verificando-se consequentemente um decréscimo de importância de todos os outros minerais detríticos. Assim, a mica desce para valores médios de 10.5% (max:30%; min:2%) e a plagioclase (max:12%; min:1%) e o feldspato potássico (max:16%; min: 2%) para 7%. A calcite também decresce (média 8%), assim como a dolomite. O fornecimento detrítico efectuado directamente pelos rios, mais reduzido nesta região, não se reflecte no aumento do carbonato nos sedimentos (reflexo do aumento da importância das partículas orgânicas), mas sim num amadurecimento dos sedimentos, que se vão tornando mais ricos em quartzo. É nas rias que se verifica um ligeiro aumento da calcite, reflectindo o aumento da produtividade biológica.

A tabela VI -3, contém as percentagens dos principais minerais pertencentes ao grupo das argilas (esmectite+ilite+clorite+caulinite), expressos em termos de uma matriz de 100%.

Na plataforma norte portuguesa o mineral dominante é a ilite, com concentrações nos sedimentos que variam de 71 a 84%, e com valor médio de 77%. O correspondente mapa de distribuição (Fig. VI -16), mostra que este mineral está geralmente bem representado nos sedimentos de fundo, apresentando valores mais baixos na plataforma externa e na região central do depósito silto-argiloso do Douro. A fig. VI -10 representa os difractogramas dos minerais argilosos obtidos para as amostras de fundo.

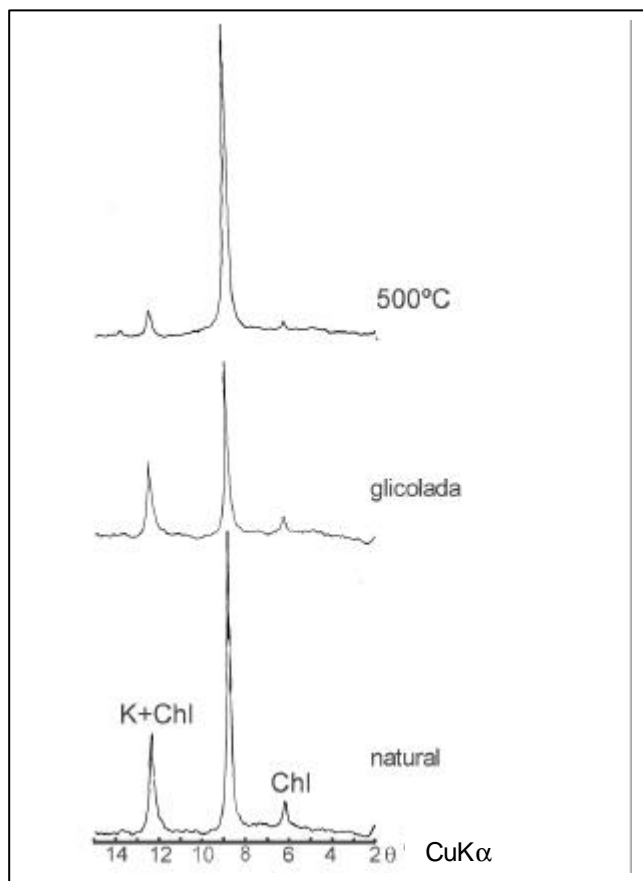


Figura VI -10. Difractograma representativo da fracção argilosa das amostras dos sedimentos de fundo (amostra 11). Chl- clorite; I -ilite; K-caulinite;

A concentração da caulinite varia entre 13 e 25% com valor médio de 17%, e apresenta distribuição espacial oposta à da ilite.

A concentração da clorite varia entre 0 e 7%, com valor médio de 4%. Os valores mais altos encontram-se na plataforma interna, associados possivelmente com a descarga dos rios Minho, Lima e Cávado, e na plataforma externa frente ao rio Ave.

A esmectite é o mineral das argilas menos abundante (média de 1.5%), apresentando valores acima da média na plataforma externa (10%).

Tabela VI -3. Mineralogia das argilas nos sedimentos de fundo (100% amostra de argila), da plataforma minhota e galega. Amostras do cruzeiro GAMI NEX, representadas por um x.

	Est.	Ilite	Caulinite	Esmectite	Clorite	Crist. Ilite (2°θ)	Ilite (002)/(001)	Crist. Caulinite
M i n h o	1	80	16	0,1	4	0.15	0.51	0.05
	2	80	16	0	4	0.16	0.53	0.04
	3	82	17	1	0	0.28	0.65	0.27
	4	77	17	2	3	0.30	0.55	0.27
	6	79	16	1	4	0.18	0.44	0.06
	7	76	19	1	4	0.15	0.50	0.04
	8	72	22	1	5	0.16	0.57	0.04
	9	75	18	2	5	0.15	0.48	0.03
	11	72	23	0.1	5	0.13	0.50	0.04
	12	73	22	1	4	0.15	0.58	0.04
	13	78	19	0.1	3	0.15	0.58	0.04
	14	72	25	0.1	3	0.18	0.55	0.05
	15	71	24	1	4	0.18	0.44	0.06
	17	75	17	1	7	0.15	0.49	0.09
	18	78	16	2	4	0.15	0.53	0.05
	19	77	16	1	6	0.16	0.47	0.07
	21	77	15	1	7	0.20	0.46	0.05
	22	79	16	2	3	0.15	0.47	0.12
	23	75	18	2	5	0.20	0.43	0.08
	24	78	15	2	5	0.15	0.46	0.04
	25	76	15	5	4	0.20	0.45	0.05
	27	76	17	1	6	0.16	0.42	0.09
	29	78	15	2	5	0.15	0.44	0.08
	33	79	14	2	5	0.20	0.54	0.05
	34	77	16	3	4	0.15	0.46	0.10
	36	75	19	1	5	0.15	0.51	0.05
	40	72	14	10	4	0.20	0.48	0.13
	42	77	15	3	5	0.20	0.38	0.15
	44	75	19	1	5	0.20	0.47	0.15
	x33	82	15	0.1	3	0.20	0.47	0.05
	x34	80	16	0.1	4	0.15	0.48	0.06
	x36	75	19	0	6	0.15	0.50	0.05
	x42	78	18	0	4	0.15	0.41	0.07
x44	75	19	0.1	6	0.20	0.47	0.08	
x46	76	17	1	6	0.15	0.45	0.09	
x47	75	22	2	1	0.15	0.72	0.30	
x50	79	16	0.1	5	0.20	0.44	0.06	
x53	80	15	0.1	5	0.15	0.51	0.12	
x54	80	14	2	4	0.20	0.45	0.18	
x55	82	14	1	3	0.15	0.50	0.14	
x56	84	13	0.1	3	0.20	0.49	0.07	
G a l i z a	x1	80	13	0	7	0.20	0.44	0.08
	x4	82	17	0	1	0.20	0.73	0.17
	x6	80	16	0	4	0.20	0.76	0.05
	x7	78	20	0.1	2	0.15	0.57	0.11
	x9	72	23	0	2	0.20	0.56	0.17
	x10	74	24	0.1	2	0.15	0.50	0.28
	x12	79	16	0	5	0.20	0.77	0.06
	x15	73	24	0.1	3	0.20	0.50	0.08
	x17	74	23	1	2	0.20	-	0.29
	x18	84	12	0	4	0.15	0.43	0.07
	x20	82	13	0	5	0.15	0.38	0.04
	x21	76	18	0.1	6	0.20	0.52	0.06
	x23	78	17	0.1	5	0.15	0.48	0.08
	x26	80	14	0	6	0.15	0.57	0.09
	x28	75	19	0.1	6	0.20	0.50	0.07
x32	76	20	0.1	4	0.12	0.49	0.04	

A relação Kt/II (os dois minerais mais abundantes) evidencia duas regiões, separadas por um alinhamento NW-SE. Estas áreas com percentagens superiores de caulinite correspondem aos depósitos finos do Douro e do Minho-Galiza, separados por uma área com valores de ilite superior.

Na plataforma galega as percentagens médias de ocorrência dos minerais das argilas são idênticas às da região mais a sul. O mineral dominante é a ilite, com valor médio de 78% (Max:84; Min:72%), seguido da caulinite (média 18%) e clorite (média 4%). A esmectite praticamente desaparece (média 0.1%).

O mapa de distribuição da ilite (fig.VI-15) mostra dois locais com valores acima de 80%, em frente à ria de Pontevedra e a norte da ria de Muros. Estes locais com elevada percentagem de ilite correspondem a áreas com baixa taxa de sedimentação (zonas onde praticamente não se depositam partículas). A caulinite apresenta os máximos entre as rias de Muros e de Arosa, em sedimentos predominantemente arenosos, ao contrário do que se verifica mais a Sul, em que se encontram relacionados com sedimentos siltsos e argilosos.

A clorite apresenta valores acima da média em frente à ria de Vigo o que poderá eventualmente reflectir o transporte de partículas de clorite desta ria para a plataforma.

### **3.1. Interpretação da mineralogia da fracção fina dos sedimentos da plataforma continental NW Ibérica**

Como já foi referido, o mineral dominante é o quartzo, com conteúdo médio de 45% (min:17% e max:85%), seguido das micas (média 14%, min:2% e max:40%) e pelos feldspatos calco-sódicos (média 12%, min:2% e max:26%) e potássicos (médias 10%, min:1% e max:28%). Ocorrem ainda alguns carbonatos, sobretudo calcite (média 9%, min:1% e max:44%) e dolomite (média 2%), mas com percentagens baixas. As fig. VI-11e VI-12 expressam a distribuição individual dos minerais detríticos mais importantes da fracção fina, na plataforma continental NW Ibérica. Podemos constatar que o quartzo apresenta valores percentuais mais baixos na plataforma portuguesa, com tendência para aumentar os seus teores a norte do rio Minho. O valor máximo foi observado na plataforma externa, frente à ria de Arosa (85%). A mica mostra os valores máximos relacionados com os depósitos finos da plataforma continental (depósito do Douro e da Galiza), com uma ligeira tendência para diminuir para norte, comportamento bem nítido a norte da ria de Vigo. Os feldspatos mostram a mesma tendência decrescente sul-norte, com os valores máximos na proximidade da desembocadura dos rios. A distribuição da calcite reflecte o aumento das partículas biogénicas em relação com o decréscimo da componente

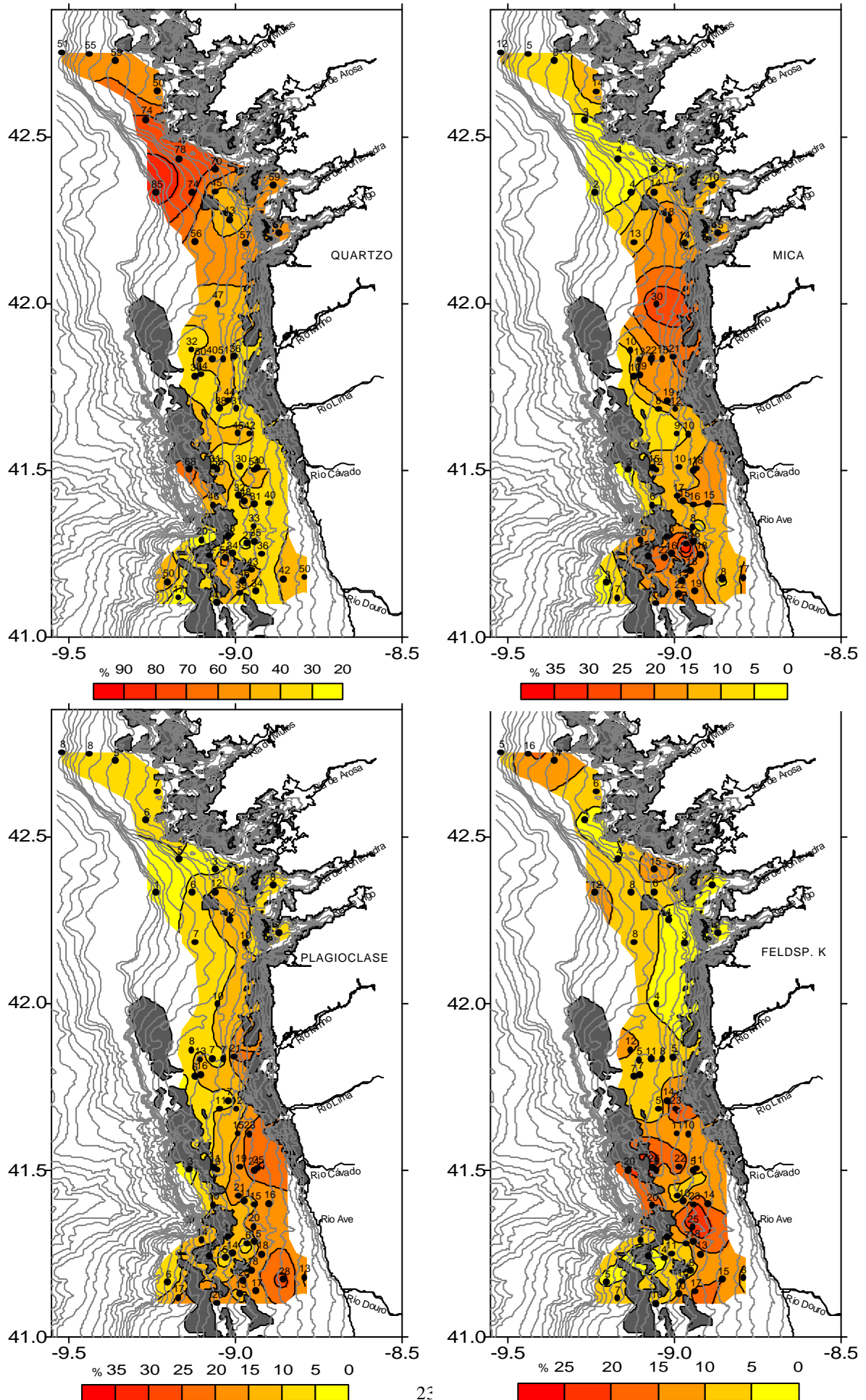


Figura VI -11. Mapa da distribuição percentual do quartzo, mica, e feldspatos na fracção fina.

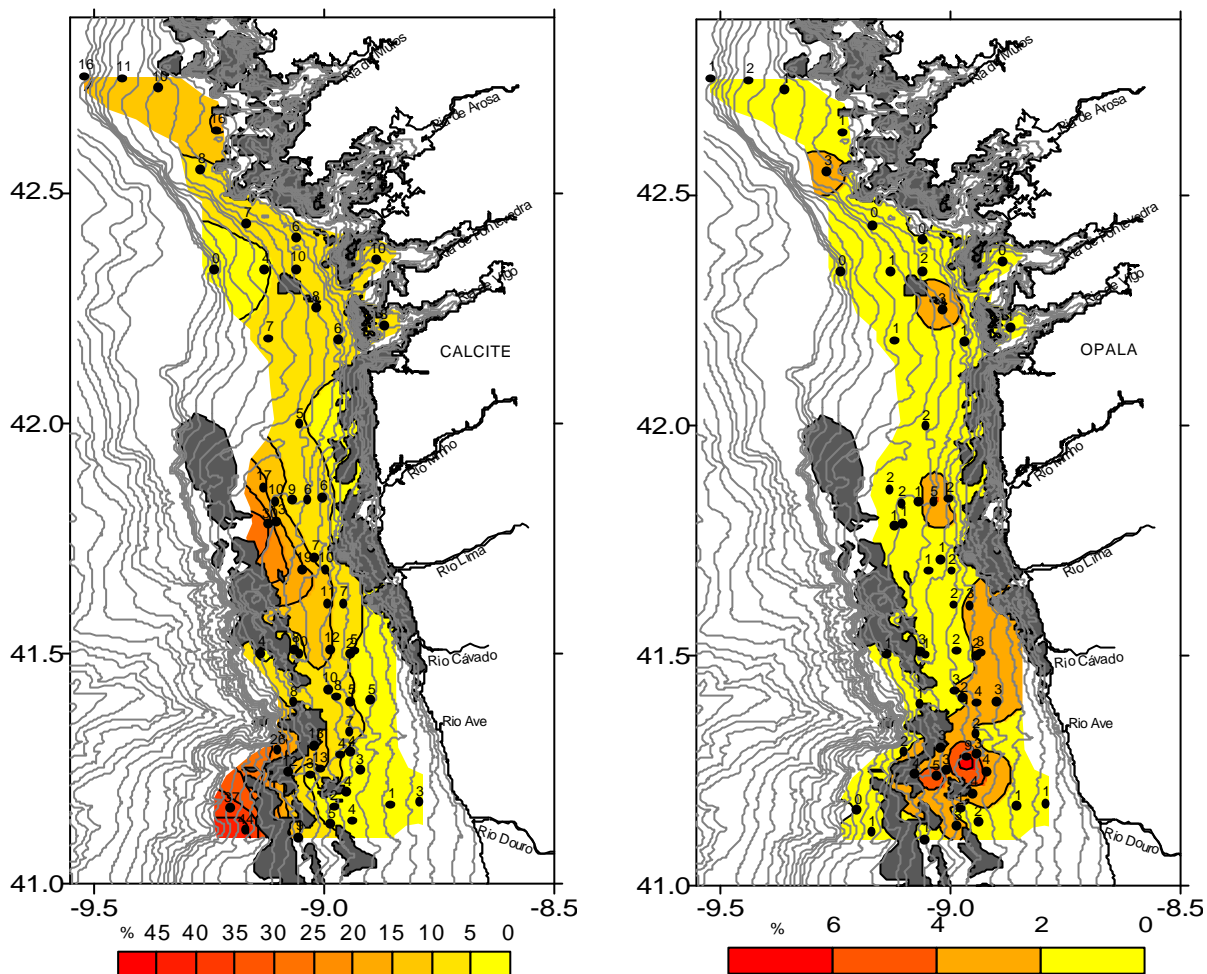


Figura VI-12. Mapa da distribuição percentual da calcite e opala na fracção fina dos sedimentos da plataforma continental NW da Ibéria.

terrígena dos sedimentos finos da plataforma média e externa. Esta distribuição está também relacionada com a presença dos afloramentos rochosos carbonatados da plataforma média a externa que servem de barreira física à progressão das partículas terrígenas da CNF, mas também de locais onde a produtividade biológica é superior. Por último, a distribuição da opala (proveniente de partículas biogénicas, por ex. diatomáceas) assemelha-se à distribuição das micas, com os máximos associados com os depósitos finos, principalmente com o depósito do Douro.

A variação latitudinal sul-norte do quartzo em relação à mica e feldspatos (fig. VI-13), permite considerar o índice de maturidade mineralógica do sedimento, em termos do seu conteúdo em quartzo (mineral química e fisicamente estável) em relação aos outros dois minerais (quartzo/mica+feldspato). A fig. IV-14 mostra-nos a distribuição deste índice de maturidade.

Na região continental adjacente, montanhosa e dominada por formações graníticas e xisto-grauváquias, o quartzo encontra-se intimamente associado com os feldspatos e as micas,

sendo transportados pelos rios para a plataforma. Por exemplo, o rio Douro transporta para a plataforma sedimentos em suspensão em estado imaturo com percentagens importantes de micas ( $\approx 20\%$ ) e feldspatos ( $\approx 14\%$ ).

O índice de maturidade apresenta valores baixos ( $<1$ ) na plataforma interna e média, associadas com a desembocadura dos rios, aumentando tanto para norte como para o bordo da plataforma. Os valores mais elevados encontram-se a norte da ria de Pontevedra e nas amostras colhidas no interior das rias de Vigo e Pontevedra.

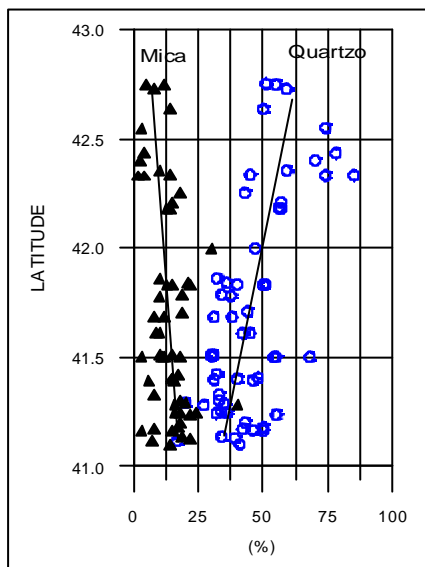


Figura VI -13. Variação latitudinal da percentagem de quartzo e micas.

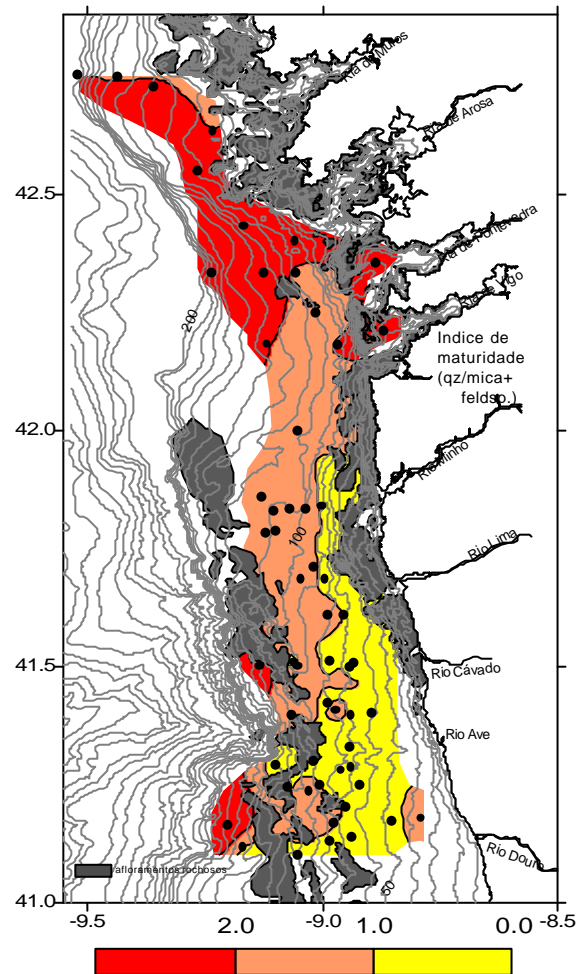


Figura VI -14. Mapa da distribuição da maturidade do sedimento.

O padrão de distribuição expresso pela fig.VI -14 sugere uma rede de transporte sul-norte de sedimentos finos, visto que o índice de maturidade no interior das rias é mais elevado do que na plataforma continental adjacente (a maioria dos minerais ficam aí aprisionados). Este transporte sul-norte encontra-se de acordo com o modelo conceptual proposto recentemente por Drago *et al.*, (1998) e Dias *et al.*, (2001), para explicar o fornecimento actual dos depósitos silto-argiloso do Douro e Minho e a sua localização a N-NW em relação à principal

fonte de sedimentos (rios Douro e Minho). Estes autores argumentam que os sedimentos finos são transportados para a plataforma principalmente no Inverno, quando os caudais fluviais são elevados e ocorrem cheias. Em condições de downwelling (ventos fortes de S-SW), os sedimentos finos fornecidos pelos rios portugueses, sobretudo o Douro e Minho (considerando os seus caudais), são transportados em suspensão na CNF, com uma resultante final de transporte para N-NW (Capítulo IV). Na plataforma média estes sedimentos encontram um ambiente de baixa energia que favorece a sua deposição. Mais tarde, durante temporais violentos, como os verificados em Novembro de 1996, estes depósitos sofrem remobilização e ressuspensão provocada pela acção da onda, o que foi confirmado não só pela observação de corers recolhidos no depósito do Douro que mostravam os primeiros 7-10cm do sedimento homogéneos (Jouanneau *et al.*, 2000), como também pelos altos valores de nefelometria observados sobre o depósito do Douro (capítulo IV). As estimativas baseadas na medição da onda na plataforma média (86m) que assumem o valor de 1 cm/s como a velocidade de corte crítica para a ressuspensão dos sedimentos finos são também frequentemente excedidas durante estes períodos (Vitorino, *et al.*, 2000, 2001). O sedimento assim ressuspensão é então transportado na CNF, de acordo com as correntes gerais, segundo um padrão complexo para N-NW e para o largo, podendo atingir o depósito do Minho-Galiza. A interpretação da distribuição da mica e da anfíbola em areias muito finas concorda com este modelo (Cascalho, 2000).

O transporte para norte é também confirmado pelo índice de maturidade. O aumento de maturidade para norte evidencia um maior transporte e/ou um tempo de residência superior no domínio da plataforma continental conjuntamente com um decréscimo de fornecimento de minerais finos a norte do rio Minho. Assim podemos dizer que a sul do paralelo 42°N os sedimentos são mais imaturos e subsequentemente mais próximos da fonte que os sedimentos da plataforma galega.

### 3.1.1. Conclusões

A fracção fina dos sedimentos estudados é formado maioritariamente por quartzo, mica e feldspatos, com alguns carbonatos em proporções menores. A geologia da região continental adjacente é semelhante no Minho e na Galiza, sendo o aumento da maturidade do sedimento na plataforma Galega o reflexo de um maior transporte e/ou um tempo de residência superior no domínio da plataforma continental com um transporte provável para norte durante o Inverno (condições de downwelling).

Outro aspecto evidente é o decréscimo de fornecimento de minerais finos a norte do rio Minho, expresso pelo conteúdo de feldspato e micas nos sedimentos finos. A sul do paralelo 42°N os sedimentos são mais imaturos e subsequentemente mais próximos da fonte que os sedimentos da plataforma galega.

As percentagens elevadas de calcite na plataforma média estão claramente associadas com os afloramentos rochosos carbonatados; e nas rias galegas reflectem o aumento da produtividade biológica.

### **3.2. Interpretação dos minerais argilosos dos sedimentos da plataforma continental NW Ibérica**

#### *Esmectite*

É geralmente vestigial no domínio da plataforma média a sul do Ave, aumentando na proximidade do Cávado e do Lima (fig. VI-15). O valor máximo (10%) encontra-se na plataforma externa frente ao rio Minho, estando este mineral praticamente ausente na plataforma galega.

A esmectite está presente no continente em resultado da alteração do feldspato potássico, ortoclase e microclina dos afloramentos graníticos, embora nos rios a sua percentagem seja muito baixa (1%). O enriquecimento oceânico gradual pode ser explicado pela segregação relacionada com o tamanho do grão (Gibbs, 1977). De facto, entre os minerais argilosos, a esmectite é o que tem dimensões menores, sendo o último a depositar-se em locais de energia hidrodinâmica muito baixa.

No ambiente oceânico, este mineral pode estar ligado a ambientes vulcânicos, relacionados com a alteração submarina ou transformação diagenética primária de rochas basálticas e vidro vulcânico (Hodder *et al.*, 1993). Nas proximidades do canhão submarino do Porto foi referenciada a existência provável de uma massa vulcânica máfica (Cascalho & Carvalho, 1993; Rodrigues *et al.*, 1995), que por alteração poderia ser mais uma fonte provável deste mineral.

O seu transporte pode ser realizado por correntes sul-norte ao longo da vertente e plataforma externa (*poleward current*) e correntes E-W na plataforma média e interna.

Nos sedimentos do Atlântico, em geral, não se observa neoformação de esmectite (Chamley, 1989). O baixo conteúdo de material esmectítico no Atlântico norte parece indicar que, pelo menos durante o Quaternário, a percentagem de filossilicatos derivados de basaltos oceânicos é relativamente diminuta (Weaver, 1989). Contudo, descobertas recentes indicam que a taxa

de formação de esmectite através de rochas ferromagnesianas de vulcões submarinos é mais elevada e rápida do que anteriormente considerado para os sedimentos holocénicos.

### *Ilite*

Os sedimentos da plataforma apresentam alta percentagem de ilite (>70%), facto que reflecte o clima mais moderado das áreas fonte e a abundância regional de rochas plutónicas (graníticas) e metamórficas do Paleozóico (xistos, gneisses, micaxistos e grauvaques). O relevo montanhoso do continente também favorece o fornecimento de grandes quantidade de filossilicatos para o oceano.

A abundância da ilite, em particular quando apresenta estrutura bem ordenada, é considerada uma evidência da sua formação num clima temperado, húmido mas não muito quente e pouco favorável ao desenvolvimento da hidrólise, permitindo que a alteração física prevaleça em relação à alteração química (Galán, 1986; Chamley, 1989; Weaver, 1989).

A ilite apresenta um comportamento oposto à caulinite (fig. VI-15), devido à baixa percentagem da clorite e esmectite (sistema fechado de duas argilas). As áreas com valores de ilite mais baixos correspondem aquelas onde os valores de caulinite são mais elevados, e que provavelmente recebem materiais drenados directamente pelos rios (Douro, Lima e Minho).

Todas as amostras marinhas têm índice de Esquevin (razão  $5\text{Å}/10\text{Å}$ ) superiores a 0,4, correspondendo a ilites ricas em alumínio (tipo moscovítico), reflectindo uma proveniência granítica. As amostras colhidas nos rios apresentam valores entre 0,15 e 0,38, com excepção de duas amostras no rio Minho e uma amostra no Cávado e outra no Douro. Este índice mostra uma tendência de crescimento nítido Este-Oeste, entre as amostras dos rios e as da plataforma externa (fig. VI-16).

A razão  $5\text{Å}/10\text{Å}$  é maior na plataforma galega a profundidades superiores a 100m, excedendo os 0,70. Estas ilites ricas em Al, quimicamente mais estáveis, têm origem em argilas residuais que sobreviveram a processos de alteração em ambiente mais quente e húmido, na região de origem (normalmente encontradas mais a sul, na costa W Africana). As ricas em Mg (+Fe), são pouco comuns em meio marinho, fora de ambientes não glaciares, pois o processo de alteração é tão forte que estas micas são completamente degradadas e sofrem rápida transformação para outros minerais (ilites aluminosas, vermiculite, esmectite, e hidrobiotite).

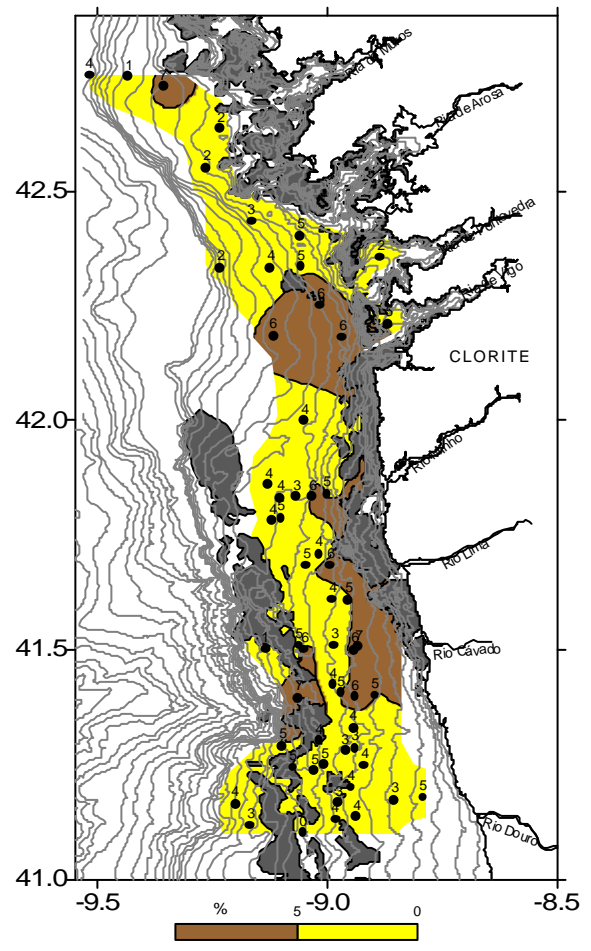
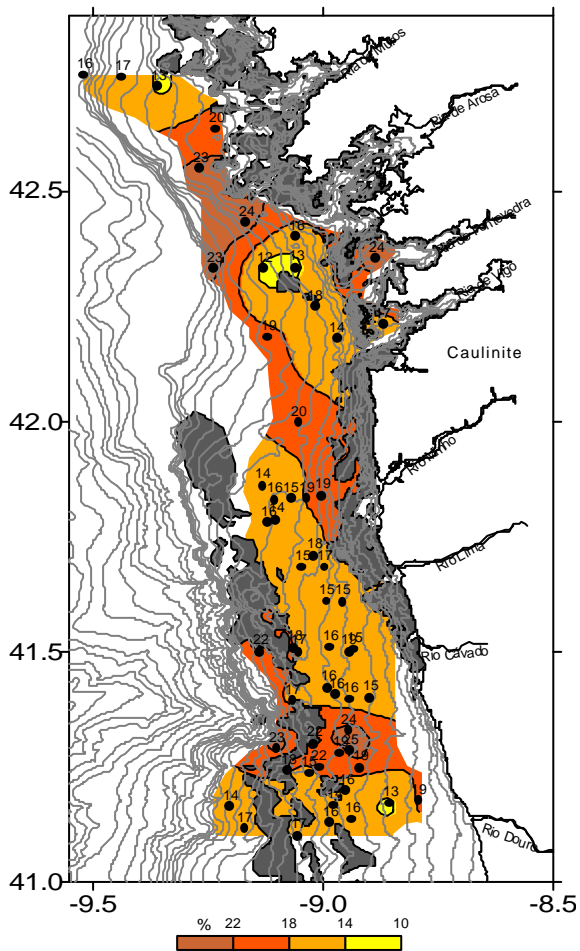
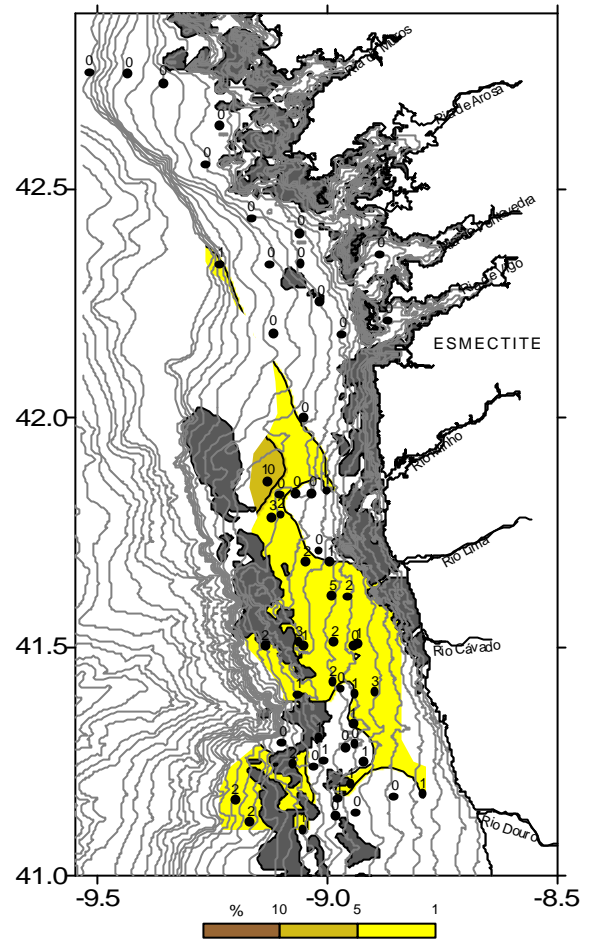
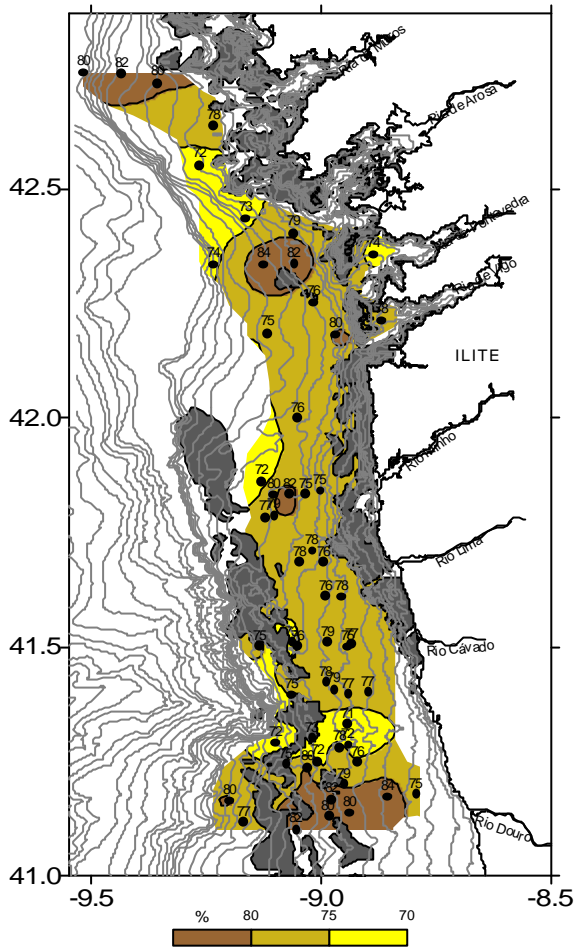


Figura VI -15. Mapas com a distribuição dos principais minerais das argilas.

No geral, as amostras estudadas apresentam baixos valores do índice de cristalinidade de Kubler, indicando ilites com estrutura bem ordenada e, como foi referido anteriormente, com baixa degradação química tanto na área fonte como durante os processos de transporte e sedimentação. Contudo, na fig. VI -16 observa-se que os sedimentos dos rios apresentam ilites com cristalinidade mais baixa que as ilites que se encontram nos sedimentos da plataforma. Este facto encontra-se relacionado com a susceptibilidade da ilite, uma vez em meio marinho, de se "reagrupar" por transformação devida à fixação de novos catiões, amplamente disponíveis na água do mar (Millot, 1964). O  $\text{Fe}^+$  e o  $\text{Mg}^+$  vão ser substituídos na rede cristalina por  $\text{K}^+$  e  $\text{Al}^+$  (entre outros), aumentando novamente a cristalinidade da ilite (Nemecz, 1981).

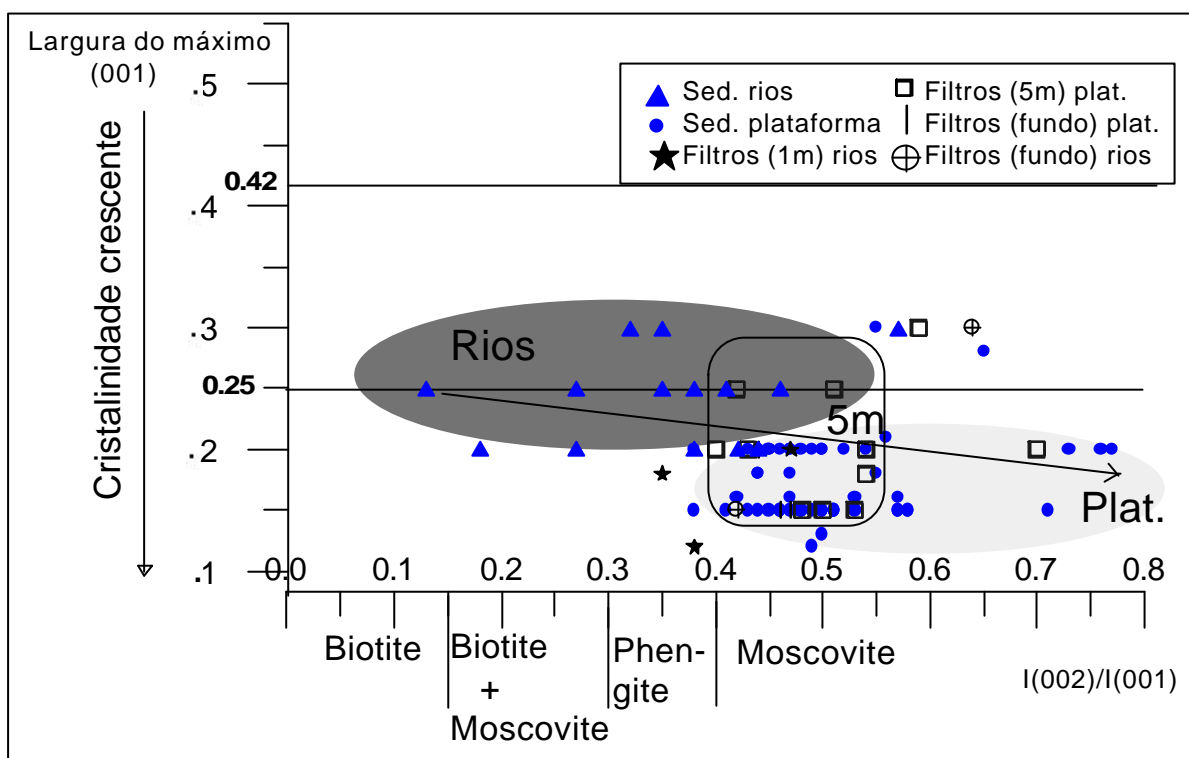


Figura VI -16. Gráfico de Esquevin (1969) aplicado às amostras colhidas na plataforma NW ibérica.

#### Caulinite

A nível mundial, a caulinite domina nos sedimentos oceânicos de latitudes mais baixas (valores superiores a 50%), onde as rochas continentais fonte, localizadas na África ocidental e no Brasil, são afectadas por intensa alteração química.

Na região emersa adjacente, ocorrem importantes depósitos de caulinos, nomeadamente em Alvarães (SE de Viana do Castelo), Sra. da Hora (N do Porto), Barqueiros (a ≈10km da desembocadura do rio Cávado), Cunha e Parada (Vila do Conde), Viso de Cima e Custóias (Matosinhos). Estes depósitos, normalmente residuais, ocorrem relacionados com granitos e

gnaisse do bordo noroeste das formações magmáticas e metamórficas antepaleozóicas, em regiões tectonicamente muito fracturadas e cisalhadas (Gomes, 1988). Actualmente, o jazigo com maiores reservas é o de Alvarães, que resultou da alteração da rocha granítica favorecida pela interface granito-toalha freática.

Os depósitos de caulinite reflectem, provavelmente, a existência de uma considerável meteorização química das rochas continentais, consequência de estarmos numa região temperada muito húmida onde se registam pluviosidades elevadas (>1000mm).

Estes depósitos são removidos pelas chuvas e levados pelos rios e ribeiros para a plataforma continental adjacente, explicando os altos valores de caulinite encontrados nos estuários dos rios (especialmente no rio Cávado). Os sedimentos de fundo e em suspensão do rio Cávado encontram-se enriquecidos neste mineral argiloso, o que pode reflectir a contribuição directa dos depósitos.

Nas rias galegas, a fracção fina dos sedimentos apresenta predomínio de minerais cauliniticos, acompanhados por micas, interestratificados e gibsite (Vasquez e Anta, 1988).

Os sedimentos da plataforma apresentam, no geral, baixo conteúdo de caulinite (só 18%). Contudo, este valor atinge, pontualmente os 24% na plataforma galega (plataforma média a norte da ria de Arosa) e na plataforma média portuguesa, relacionados com o depósito silto-argiloso do Douro.

O índice da cristalinidade (fig. VI -17) mostra que as caulinites com cristalinidade mais elevada se encontram na plataforma interna e média portuguesa, decrescendo para oeste (plataforma externa) e norte (plataforma Galega). Os locais onde a cristalinidade é mais elevada reflectem provavelmente áreas que estão a ser directamente fornecidas pelos rios (depósito do Douro), não tendo ainda as caulinites sofrido desorganização da sua rede cristalina. De facto, a cristalinidade dos sedimentos dos rios (tabela VI -4) mostra no geral valores semelhantes aos encontrados na plataforma, variando de 0,02 (rio Minho) a 0,23 (no rio Lima).

Tabela VI -4. Mineralogia das argilas de algumas amostras colhidas nos rios. Localização das amostras na figura V-44.

Amostras dos rios	I %	K %	SM %	CHL %	Crist. I (2 $\theta$ )	I (002)/(001)	Crist. K
Minho (M6)	67	27	-1	5	0.20	0.44	0.02
Minho (M22)	59	39	0	2	0.30	0.57	0.12
Lima (L51)	62	27	2	9	0.25	0.35	0.16
Lima (L52)	64	34	0	2	0.30	0.35	0.23
Cávado (C5)	70	21	-1	8	0.25	0.38	0.07
Cávado (C11)	24	74	-1	-1	0.25	0.46	0.08
Ave (A3)	65	33	-1	-1	0.30	0.32	0.18
Ave 2 (A4)	62	36	-1	-1	0.20	0.27	0.4
Douro (D1)	70	23	-1	6	0.20	0.38	0.06
Douro (D5)	61	28	-1	10	0.20	0.42	0.1

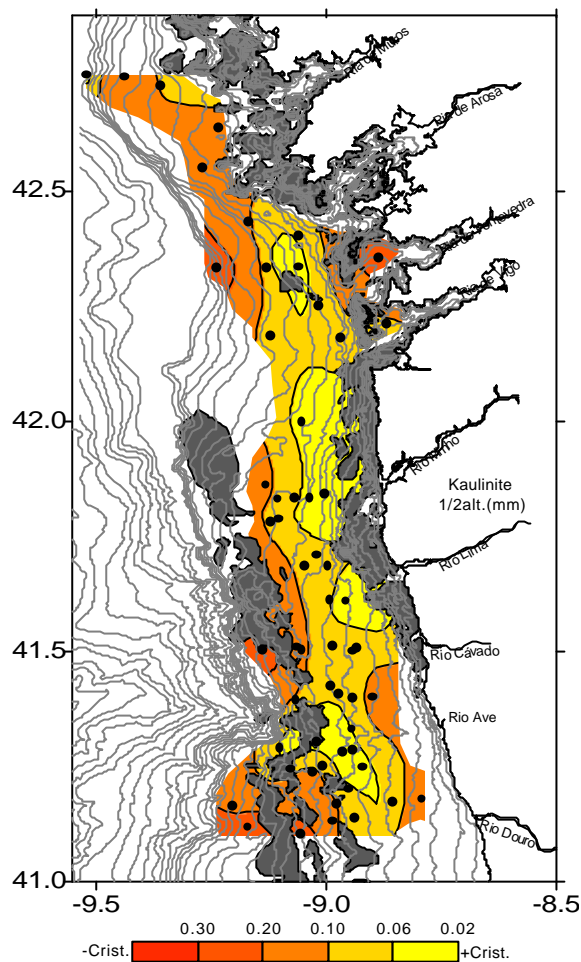


Figura V-17. Mapas de distribuição da cristalinidade da caulinite.

O rio Ave é o que apresenta valores mais elevados de índice de cristalinidade (0,2-0,4) ou seja, em que as caulinites se encontram mais degradadas. Este facto pode dever-se ao alto grau de poluição dos sedimentos e águas deste rio (um dos mais poluídos da Europa), que provavelmente se reflecte numa maior destruição da rede cristalina da caulinite. Este mineral é relativamente instável em meio marinho. Contudo, para sofrer alteração ou degradação, são necessários pH muito elevados ou energia elevada. O mapa de distribuição da cristalinidade (fig. VI -17) mostra que a contribuição deste rio é mínima para os sedimentos da plataforma média e interna, estando a sua influência apenas reflectida nas suspensões.

É interessante notar que, na plataforma galega, as áreas com concentrações superiores de caulinite correspondem *grosso modo* a zonas com caulinite com baixa cristalinidade, o que provavelmente reflecte processos de alteração química que se dão devido ao pH e salinidade mais elevados do meio marinho. Nestas condições a caulinite torna-se menos estável, decrescendo a cristalinidade à medida que o tempo de residência em meio marinho aumenta (Caillère *et al.*, 1982; Gomes, 1988), em contraste com a illite, cuja cristalinidade aumenta. Outra hipótese é corresponderem a caulinites retrabalhadas (sedimentares).

As duas áreas mais ricas em caulinite (>22%) deverão ter origens contrastadas. A região do depósito Douro aprisiona material fino *fresco* fornecido directamente pelos rios, enquanto que o máximo localizado na Galiza pode dever-se à retirada selectiva da illite deixando um resíduo envelhecido ou alterado de caulinite.

#### *Clorite*

A clorite é um constituinte menor dos sedimentos da plataforma minhota e galega, apresentando concentrações que variam de 0,1 a 7 % (fig.VI-12). Os valores mais elevados encontram-se na plataforma interna e média, relacionados com a desembocadura dos rios, sendo este mineral essencialmente detrítico.

No geral, a clorite só é dominante nos sedimentos marinhos de latitudes elevadas (Griffin *et al.*, 1968). A clorite é destruída por meteorização química em climas quentes e húmidos (trópicos), não chegando ao oceano em grandes quantidades. Altos teores em clorite reflectem condições de baixa ou nenhuma alteração química, mas também uma área fonte a pouca distância formada por rochas ricas em clorite como rochas metamórficas de baixo grau (xistos verdes e ardósias).

Na área continental adjacente, a clorite pode resultar da divisão mecânica de clorite preexistentes em xistos cloríticos presentes nas rochas ígneas ou então dos xistos e micaxistos do Paleozóico, abundantes na bacia do rio Minho e do rio Verdugo-Oitaben (ria de Vigo) (Silva, 1981), sendo contudo removida por meteorização.

#### *Razão caulinite/clorite*

Se o sistema de correntes reflecte o transporte e sedimentação dos minerais das argilas, a razão K/ChI espelha a distribuição das componentes das massas de água continentais e oceânicas. O mapa de distribuição permite destacar a existência de duas faixas, uma das quais na plataforma interna e média onde os valores de clorite aumentam, provocando uma diluição do sinal da caulinite. Pelo contrário na plataforma externa, a caulinite é predominante, o que poderá dever-se ao facto da massa de água continental ter materiais mais ricos em clorite, ao contrário da oceânica, que compreenderia materiais mais ricos em caulinite.

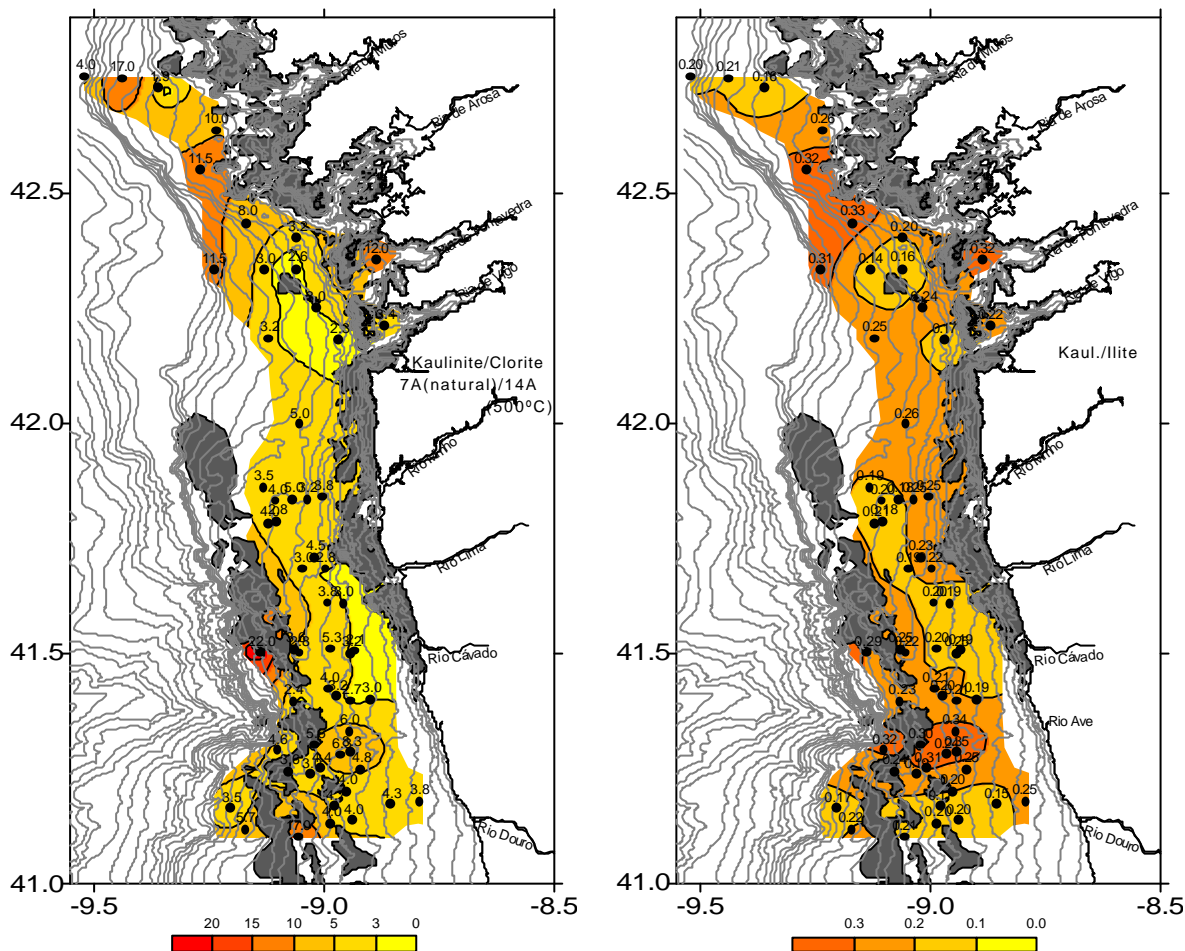


Figura V-18. Mapas de distribuição da razão caulinite/clorite e caulinite/ilite.

*Razão caulinite/ilite*

A razão K/I varia entre 0.15 e 0.3. No depósito silto-argiloso do Douro, esta razão eleva-se a valores próximos de 0.3, possivelmente devido a segregação dimensional/deposição diferencial (Gibbs, 1967, 1977; Tomadin & Borghini, 1987) e também porque a caulinite tem tendência a acumular-se em áreas onde existe um aumento generalizado do fornecimento terrígeno directo (Chamley, 1989). Estes dois minerais detriticos, transportados pelos rios locais, mostram uma ligeira tendência para se depositarem em locais diferenciados, reflectindo possivelmente a circulação geral das partículas e áreas onde principais agentes erosivos (ondas e marés) actuam com mais ou menos energia.

A outra área com valores elevados da razão K/I está localizada entre as rias de Muros e Arosa, em sedimentos arenosos. Neste caso, as concentrações relativamente superiores da caulinite (assim como quartzo) estão possivelmente relacionadas com a retirada selectiva da illite (mais fina). A caulinite apresenta baixa cristalinidade, o que indica degradação superior.

### 3.2.1. Visão geral da dinâmica sedimentar obtido com o padrão de distribuição dos minerais das argilas

Observou-se que o padrão de distribuição da associação mineral formada pelos 4 minerais das argilas identificados nos sedimentos da plataforma continental NW Ibérica, era relativamente homogéneo, não mostrando grandes discontinuidades. Esta homogeneidade deve-se sobretudo à acção dos processos hidrodinâmicos, controlados principalmente pelas ondas e marés.

Quando os sedimentos chegam à plataforma, ficam sujeitos aos processos de remobilização provocados pela onda, que impedem a sua deposição e perturbam os sedimentos anteriormente depositados. Os sedimentos finos permanecem, assim, mais tempo em suspensão (níveis nefelóides identificados anteriormente), acumulando-se só na plataforma média, onde a acção da onda é mais fraca, formando, de acordo com McCave (1972), uma faixa lodosa (*mid-shelf mud belt*). Na plataforma NW portuguesa, essa faixa identifica-se na plataforma média entre os 60 e 100m numa área tectonicamente deprimida, protegida por afloramentos rochosos (depósito do Douro). Estes relevos funcionam como barreiras eficientes à progressão da CNF para fora da plataforma, funcionando como uma armadilha de sedimentos (o que parece ser confirmado por taxas de sedimentação superiores a Este dos afloramentos rochosos variando entre 0.35 a 0.58 cm/ano) e/ou então proporcionam um ambiente de baixo hidrodinamismo mais favorável à deposição de sedimentos finos (Drago *et al*, 1999). Tomando em conta a altura média destes afloramentos, cerca de 5-30m e a espessura média da CNF observada durante a Primavera (10-20m) e Inverno (10-50m) é provável que pelo menos durante parte do ano, a CNF seja intersectada pelos afloramentos.

Actualmente, os rios transportam material fino com a mesma composição geral encontrada para os sedimentos de fundo. Na área do depósito do Douro, o conteúdo de caulinite aumenta ligeiramente (taxas de sedimentação altas com acarreo directo de sedimentos dos rios) quando comparado com os depósitos arenosos circundantes, mais ricos em ilite (menor taxa de sedimentação). A composição mineralógica do depósito fino do Minho-Galiza é muito semelhante à do Douro, à excepção de um ligeiro aumento da percentagem de clorite, mostrando possivelmente a contribuição local do rio Minho e da ria de Vigo.

O facto dos minerais das argilas se tornarem menos cristalinos à medida que a influência dos rios decresce apoia a hipótese do transporte sedimentar para norte, tal como foi verificado para a fracção fina (aumento de maturidade do sedimento para norte).

### 3.2.2. Conclusões obtidas com os minerais argilosos

- A) o padrão de distribuição dos minerais argilosos depende dos rios e dos processos hidrodinâmicos que operam na plataforma (ondas);
- B) a illite é o mineral predominante, com percentagens superiores a 70%; seguido pela caulinite, clorite e esmectite;
- C) o material que sai dos rios apresenta composição similar aos sedimentos da plataforma. Contudo, as áreas com percentagens superiores de illite (>80%) correspondem, provavelmente, a locais onde o acarreio detrítico de sedimentos finos actuais é baixo, com baixas taxas de sedimentação enquanto que áreas com percentagens superiores de caulinite (>20%) recebem acarreio detrítico directo;
- D) a clorite, com baixa abundância, parece estar actualmente a ser fornecida pelos rios nortenhos, principalmente pelo rio Minho, encontrando-se preferencialmente a profundidades baixas;
- E) a esmectite aparece associada aos depósitos arenosos da plataforma portuguesa, ocorrendo nas suspensões do rio Minho, e não se encontra nos sedimentos finos da Galiza. Nos sedimentos da plataforma registaram-se percentagens de esmectite superiores aos dos rios, sugerindo uma provável origem local na plataforma;
- F) a caulinite tem os máximos associados aos depósitos finos do Douro, onde apresenta cristalinidade elevada, apresentando ainda um segundo máximo, nos depósitos arenosos da plataforma galega (entre a ria de Muros e Arosa), com cristalinidade mais baixa. Este facto permite supor que estes depósitos têm origens distintas ou escalonadas no tempo. De acordo com esta hipótese, o depósito do Douro estaria actualmente a ser abastecido com este mineral, enquanto que o segundo receberia as caulinites indirectamente por processos de resuspensão e transporte para norte ou a illite (mais fina) é selectivamente retirada ficando um resíduo de caulinite degradada (baixa cristalinidade);
- G) os sedimentos finos exportados pelos rios portugueses atingem claramente os depósitos finos do Douro e da Galiza;
- H) Na plataforma a norte de 42° N, a maioria das argilas são aprisionadas nas rias Galegas, embora pareça haver alguma contribuição da ria de Vigo para o depósito silto-argiloso do Minho-Galiza.

#### 4. Análise factorial aplicada aos sedimentos finos

Foi usado o programa Statistica (v.4.3), para avaliar as complexas inter-relações específicas entre 4 variáveis dos minerais das argilas, 11 variáveis de minerais detriticos, 3 variáveis da textura do sedimento e 2 variáveis da composição do sedimento (tabela VI -6). As primeiros 4 variáveis desta base de dados estão ligadas entre si, assim como as 11 variáveis dos minerais detriticos, cada uma delas somando, respectivamente, 100%. Contudo, se se fizer a análise factorial, isoladamente para cada um destes grupos de variáveis, os factores obtidos seguem a mesma linha de interpretação que a matriz gerada pela totalidade dos dados.

Os primeiros 5 factores, baseados nos valores próprios acima de 1.0, explicam 75% da variância total dos dados (tabela VI -6).

Tabela VI-6. Variáveis significativas para os primeiros cinco factores, da análise factorial (sem rotação) dos minerais das argilas, minerais detriticos, composição e textura dos sedimentos.

Variáveis	Extracção: Componentes principais (sem rotação)				
	Factores				
	1	2	3	4	5
Illite (100%)	-	-	0.48	0.68	-
Caulinite (100%)	-	-	-	-0.77	-
Esmectite (100%)	-	-	-0.79	-	-
Clorite (100%)	-	-	-	-	-0.82
Quartzo	-	-0.70	0.54	-	-
Mica	-	0.82	-	-	-
Chl	0.56	0.49	-	-	-
Kaul	0.60	0.63	-	-	-
Felds.K	-0.50	-	-	-	-
Plag.	-	0.56	-	-	-
Calcite	-	-	-0.50	-	-
Dolomite	-	-	-0.84	-	-
Siderite	-	-	-0.71	-	-
Pirite	-	-0.59	-	-	-0.41
Opala	-	0.71	-	-	-
Areia	-0.93	-	-	-	-
Silte	0.88	-	-	-	-
Argila	0.89	-	-	-	-
COP	0.91	-	-	-	-
CaCO <sub>3</sub>	0.48	-0.70	-	-	-
Variância explicada (%)	25.8	19.2	14.3	9.0	6.8

Valores abaixo de 0.400 foram omitidos.

O factor 1 representa claramente o comportamento do carbono orgânico, com a forte variância positiva entre o COP e as classes texturais mais finas (silte e argila). A variância negativa entre a areia (e também, embora mais fraca com o feldspato potássico) e o conteúdo

em COP, com valores significativos superiores a 0.9, indicam independência espacial entre estas duas variáveis. Existe correlação positiva fraca entre o COP, os sedimentos pelíticos e a clorite e caulinite. O 2º factor é um factor complexo, na medida em que representa o hidrodinamismo e afinidade dimensional, mas também a oposição entre as fácies terrígenas e biogénicas. A variância mais relevante (negativa) é a encontrada entre o quartzo e as micas que, por serem minerais com hábitos e densidades muito diferentes, sofrem deposição em locais diferenciados. A relação positiva entre as micas e a opala não é genética, visto que a mica é detrítica e a opala é formada por restos de organismos siliciosos (diatomáceas) que se depositam na plataforma média e externa, nas zonas de sedimentos mais finos. Contudo, estes minerais encontram-se correlacionados, devido, provavelmente, às dimensões e ao hábito das partículas. As micas com hábito lamelar e a opala formada por partículas biogénicas muito diminutas (diatomáceas) depositam-se em áreas calmas pouco energéticas. A relação quartzo -  $\text{CaCO}_3$ , com variância forte, mostra que o carbonato ocorre em zonas onde o quartzo é também importante. De facto, o carbonato aumenta de importância na plataforma externa, onde a sua formação é induzida pelo upwelling, e o quartzo é o mineral detrítico dominante. Já o mesmo não se passa com a caulinite detrítica (<63 $\mu\text{m}$ ), que mostra variância negativa com o quartzo. O factor 3 correlaciona, com variância negativa forte, a esmectite com a dolomite (>0.8) e com variância ligeiramente mais fraca com a siderite. Este factor representa os minerais com maior importância na plataforma externa, fora da influência continental. O 4º factor representa os minerais argilosos mais abundantes na plataforma, a illite e a caulinite, e relaciona-os inversamente. O 5º factor representa a clorite, destacando o comportamento deste mineral em relação aos outros, e aos parâmetros composicionais e texturais. A sua distribuição está provavelmente relacionada com o transporte detrítico directo dos rios.

A análise factorial deu particular atenção a associações que podem passar despercebidas por simples comparação dos mapas de distribuição regional, como por exemplo a associação Qz- $\text{CaCo}_3$  e mica-opala (factor 2) e a associação dolomite-esmectite (factor 3).