

2.5. Análise da MPS por DRX - Mineralogia das suspensões

Na plataforma continental norte portuguesa a dinâmica sedimentar é complexa devido à diversidade de processos oceanográficos, e ao facto de termos a contribuição directa de cinco rios (Minho, Lima, Cávado, Ave e Douro), os quais transportam água doce, nutrientes e partículas terrígenas directamente para esta área. Embora estes rios atravessassem o mesmo tipo de formações geológicas, dominadas essencialmente por rochas graníticas e xisto-grauvácicas, o presente estudo pretende melhorar o conhecimento da dinâmica das suas plumas túrbidas na plataforma e a contribuição mineralógica de cada rio, usando a composição mineralógica genérica do material em suspensão (siltes e argilas) e em particular os minerais das argilas como traçadores da dinâmica sedimentar.

Um dos problemas decorrentes da presença de 5 rios relativamente próximos (a distância entre cada rio é de cerca de 20 Km), com dimensões e comportamentos distintos, é que as plumas dos diferentes rios tendem a juntar-se em condições oceanográficas favoráveis e em alturas de maior caudal, ou seja, no Inverno. Por exemplo, o rio Douro pode apresentar uma pluma para NW com mais de 30 km de extensão, ultrapassando em situações de grandes cheias a zona de Póvoa do Varzim, mascarando a contribuição do rio Ave. Entre o rio Cávado e Lima esta situação também já foi registada (ver Capítulo IV). Em situações de Inverno ocorre normalmente na plataforma interna a média uma massa de água costeira uniforme, túrbida e que apresenta baixa salinidade, onde dificilmente se distingue a contribuição de cada rio.

Os minerais das argilas que, devido ao seu pequeno tamanho, são facilmente transportados em suspensão dos estuários para a plataforma, são frequentemente usados como traçadores para evidenciar as principais linhas de transporte na plataforma e a sua origem no continente.

Na plataforma continental, determinou-se o conteúdo mineralógico da MPS por DRX em 18 filtros provenientes do cruzeiro CORVET 96, que apresentavam uma quantidade de material suficiente para realizar este tipo de estudo (superior a 2 mg/l). A determinação foi feita por duas vezes, a primeira das quais directamente sobre os filtros HA da Millipore (porosidade 0.45µm), para determinação da fracção fina. Seguidamente, o material retido no filtro foi retirado e colocado sobre uma lamela para determinação da fracção argilosa (agregados orientados).

Para o estudo das fontes sedimentares continentais, utilizaram-se amostras de sedimentos em suspensão e de fundo colhidas durante a campanha Sediminho¹ I/93, que decorreu em

¹ Promovida pelo Instituto Hidrográfico no âmbito do projecto PETDS.

Fevereiro de 1993 (Dias, 1993). Dessa campanha foram seleccionadas oito amostras do estuário (filtros) que continham quantidade significativa de MPS e 14 amostras de sedimentos de fundo.

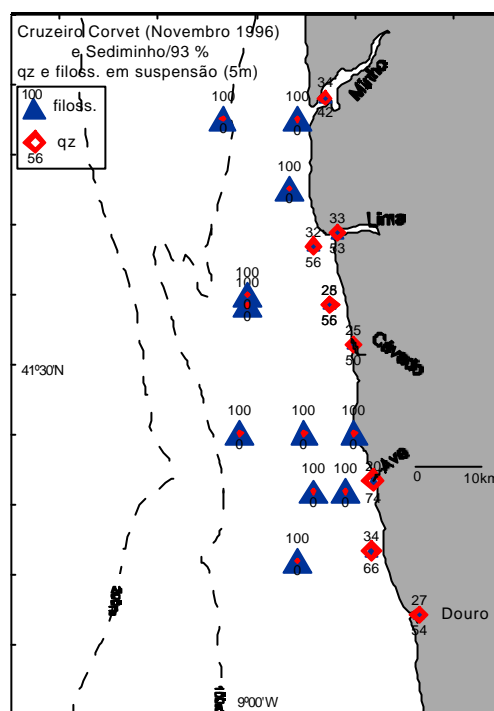
2.5.1. Conteúdo mineralógico do material particulado em suspensão na plataforma continental

Esta análise, realizada maioritariamente em filtros de superfície (5m) e em três amostras colhidas perto do fundo, permitiu observar que à superfície as suspensões são essencialmente constituídas por filossilicatos, só mostrando maiores percentagens de outros minerais, nomeadamente o quartzo, na proximidade da desembocadura dos rios (Tabela V-10 e fig.V-29). Esta variação de composição, pode ser explicado pelo gradiente vertical de turbidez, ou seja, parte das partículas em suspensão (as mais densas e pesadas como o quartzo) sofre deposição,

Tabela V-10. Mineralogia dos sedimentos em suspensão na plataforma norte (%).

est. (prof.)	Qz	kflds	plag.	calc.	halite	filoss.
34(5m)	0	0	0	0	0	100
34(28m)	32	16	8	12	0	32
35((5m)	0	0	0	0	0	100
35(57m)	22	15	7	11	22	22
36(5m)	0	0	0	0	0	100
36(85m)	48	5	2	4	16	25
45(5m)	0	0	0	0	0	100
47(5m)	0	0	0	0	0	100
58(5m)	0	0	0	0	0	100
59(5m)	56	0	4	8	0	32
70(5m)	0	0	0	0	0	100
72(5m)	55	6	4	10	0	25
73(5m)	56	3	3	10	0	28
75(5m)	0	0	0	0	0	100
86(5m)	0	0	0	0	0	100
87(5m)	0	0	0	0	0	0
89(5m)	66	0.1	0.1	0	0	34
91(5m)	0	0	0	0	0	100

Figura V-29. Mapa da distribuição percentual do quartzo e de filossilicatos nos sedimentos em suspensão presentes nos rios e plataforma norte.



passando a formar a CNF, restando à superfície apenas as menos densas (filossilicatos) que são transportadas para longe da costa. O rio Minho é uma excepção, visto que perto da sua desembocadura as suspensões são exclusivamente constituídas por filossilicatos.

Os filtros de fundo apresentam percentagem de quartzo, entre 22% e 48% tendo como minerais acessórios os filossilicatos, os feldspatos a calcite e a halite. A halite só ocorre em

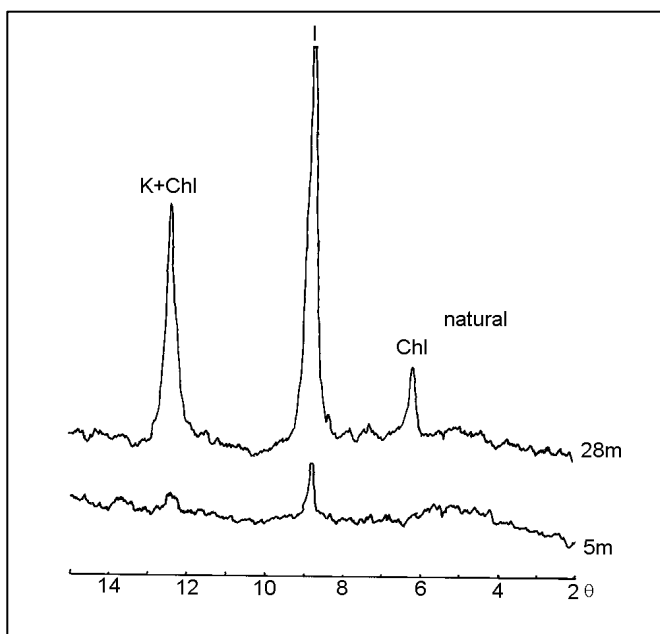
duas amostras de fundo e poderá estar relacionada com a precipitação de cristais de sal no filtro. Torna-se por vezes difícil lavar os filtros que apresentam grande quantidade de material em suspensão (18 mg/l), tendo sido nesses que a análise à lupa permitiu identificar cristais de halite.

Em relação aos minerais das argilas (fig.V-30), a illite (I) é francamente o mineral dominante em suspensão nas águas da plataforma (Tabela V-11), com valor médio de 76% (min.67%, max.83%). A caulinite (K) apresenta concentração média de 19% (max.25%, min.3%), com os valores mais baixos na plataforma junto ao rio Minho (fig. V-30A). A clorite (Chl), pelo contrário, apresenta valores mais altos nessa zona (média 4%; max.16%, min.0%). A esmectite (Sm) é vestigial (valores de 0,1%), com excepção da região entre o Minho e o Lima, onde exhibe valores da ordem dos 5-3%. A figura V-39 mostra um difractograma representativo das amostras de MES da plataforma (fracção inferior a $2\mu\text{m}$).

Tabela V-11. Mineralogia das argilas nos sedimentos em suspensão (100% amostra de argila).

est. (prof.)	I	K	Sm	Chl
34(5m)	83	17	0.1	0.1
34(28m)	73	21	0.1	6
35((5m)	75	25	0.1	0
35(57m)	80	15	0.1	5
36(5m)	75	25	0.1	0
36(85m)	80	16	0	4
45(5m)	67	12	5	16
47(5m)	83	3	1	13
58(5m)	77	13	3	7
59(5m)	71	20	3	6
70(5m)	77	18	0.1	5
72(5m)	74	20	0	6
73(5m)	76	19	0.1	5
75(5m)	75	25	0.1	0
86(5m)	75	25	0.1	0
87(5m)	75	25	0.1	0
89(5m)	75	17	2	6
91(5m)	75	25	0.1	0

Figura V-30. Difractograma natural representativo dos minerais das argilas ($<2\mu\text{m}$), colhidos na CNS e CNF (est.34).



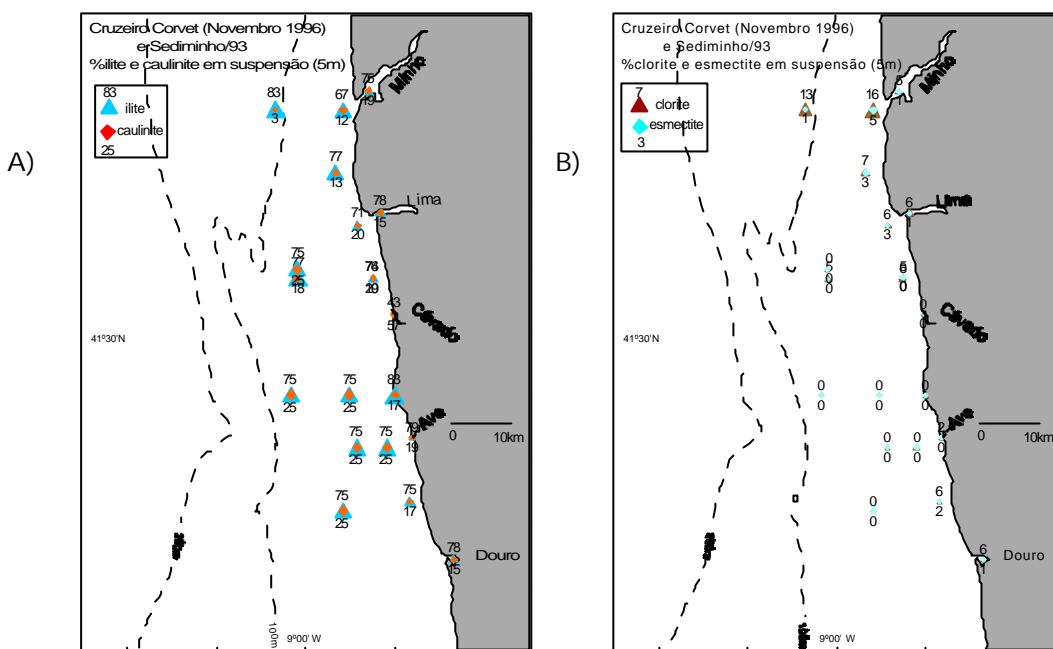


Figura V-31. Mapa da distribuição das percentagens dos minerais argilosos (matriz de 100%) dos sedimentos em suspensão dos rios e da plataforma continental. A) % ilite e caulinite; B) % clorite e esmectite.

Destaca-se a presença de uma massa de água homogénea no que respeita à mineralogia das argilas, devido à grande mistura provocada pela onda, pelas correntes induzidas pelo vento e pela maré e, em menor grau, devido à circulação provocada por diferença de densidades entre as águas estuarinas e as oceânicas. Contudo as concentrações de caulinite baixam significativamente na proximidade do rio Minho, registando-se um aumento da percentagem de clorite e esmectite. Uma possível explicação é o relaxamento das condições oceanográficas prevaletentes (ventos fortes de S-SW e ondulação de W), que possibilitaram que as águas do rio Minho se expandissem na plataforma, permitindo que a "assinatura" particular deste rio tenha ficado registado nas águas superficiais.

Embora o número de amostras colhidas na proximidade do fundo seja reduzido, permitiu observar a mesma mineralogia que à superfície. Contudo, a ilite apresenta cristalinidade superior (fig. V-30).

2.5.2. Identificação das fontes mineralógicas continentais

2.5.2.1. Conteúdo mineralógico do material particulado em suspensão dos rios

Nos rios, a análise feita sobre os filtros com a totalidade da amostra em suspensão (fracção fina <63 μ m) permitiu ter uma ideia da proporção existente entre os filossilicatos e os outros minerais detriticos presentes (Tabela V-12). Em todos os rios, o mineral em suspensão predominante é o quartzo, com valores superiores a 42%, sendo o rio Ave o que apresenta maior percentagem deste mineral (74%). Os filossilicatos apresentam sempre valores inferiores a 38%, com valor médio de 28%. Como minerais acessórios identificaram-se o feldspato potássico, a plagioclase e a calcite. É de realçar que o rio Cávado apresenta valores superiores de feldspato potássico (19%) em suspensão, enquanto que o Douro e Lima têm maiores percentagens de plagioclase (17, 16% respectivamente). A figura V-32 mostra um difractograma representativo das amostras de MES, colhidas nos rios (fracção inferior a 63 μ m).

Tabela V-12. Minerais detriticos em suspensão dos rios (fracção <63 μ m).

Est. filtros	Qz	kfds	plag.	calc.	gesso/ anidrite	filoss.
M1(prof)	44	4	6	8	0	38
M1(sup)	42	8	8	8	0	34
D5(sup)	54	8	7	0	4	27
D5(prof)	43	9	17	6	4	21
L51(prof)	32	10	16	14	0	28
L51(sup)	53	6	8	0	0	33
A4(sup)	74	0	6	0	0	20
C5(sup)	50	19	6	0	0	25

Os minerais das argilas (<2 μ m) presentes em suspensão, tal com nos sedimentos de fundo, são a illite, caulinite, clorite e esmectite (Tabela V-13). Para uma matriz de 100%, a illite apresenta uma abundância média de 73% (fig. V-33), valor que é superior à média encontrada para os sedimentos do fundo (Cap. VI).

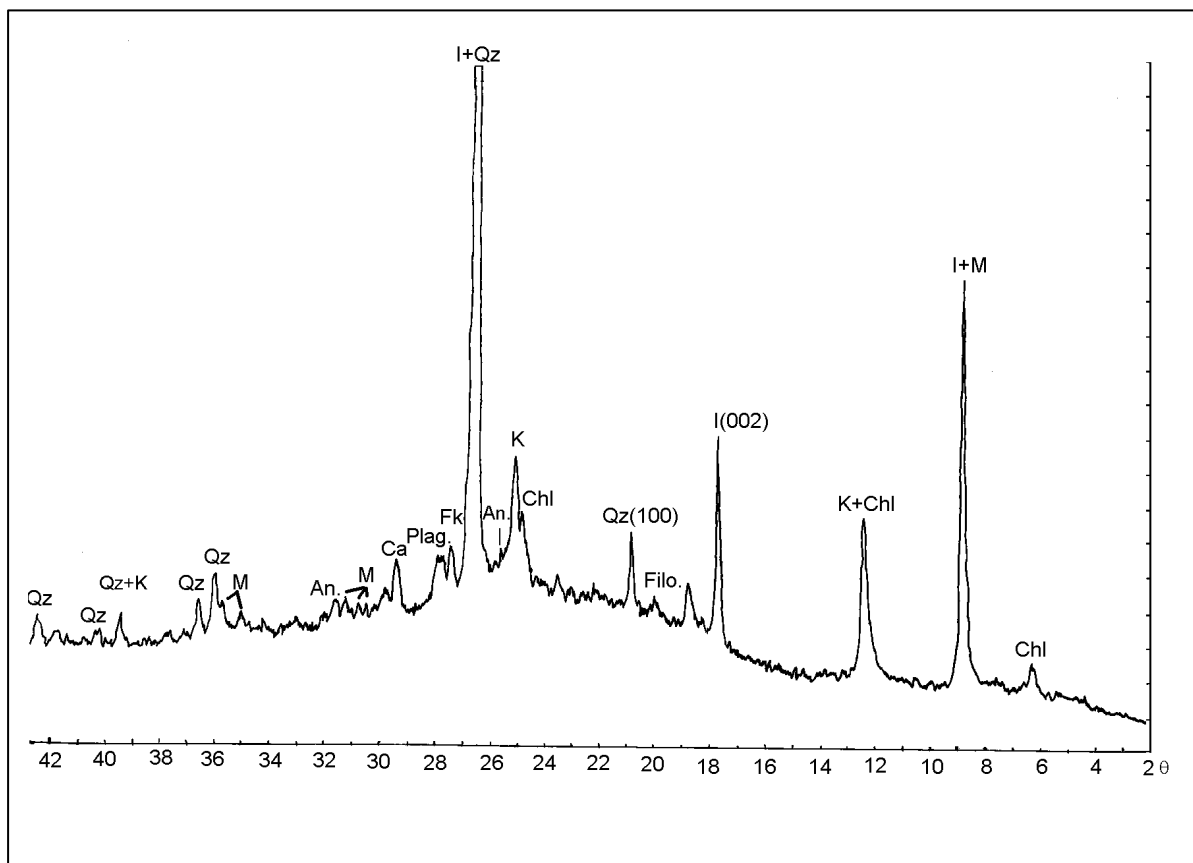


Figura V-32. Diffractograma representativo do material <63µm depositado sobre os filtros colhidos nos rios (amostra L51 fundo, rio Lima). A nomenclatura usada representa: Chl= clorite; I+M=ilite+mica; Q=quartzo; Ca=calcite; K=caulinite; Fk=feldspato potássico; Plag.=plagioclase; An=anidrite; Filo.=filossilicatos.

No rio Cávado (estação C5), a ilite deixa de ser o mineral predominante, passando-se de valores superiores a 70%, encontrados nos outros rios, para uma concentração de 43%. Neste rio, o mineral predominante é a caulinite (57%), reforçando o interesse deste mineral como traçador, visto que a percentagem média para a totalidade dos rios é de 16,5%. Os valores de concentração de caulinite em suspensão são normalmente inferiores aos dos sedimentos de fundo (32%). A clorite, com valor médio de 5%, tem concentrações muito semelhantes aos sedimentos de fundo.

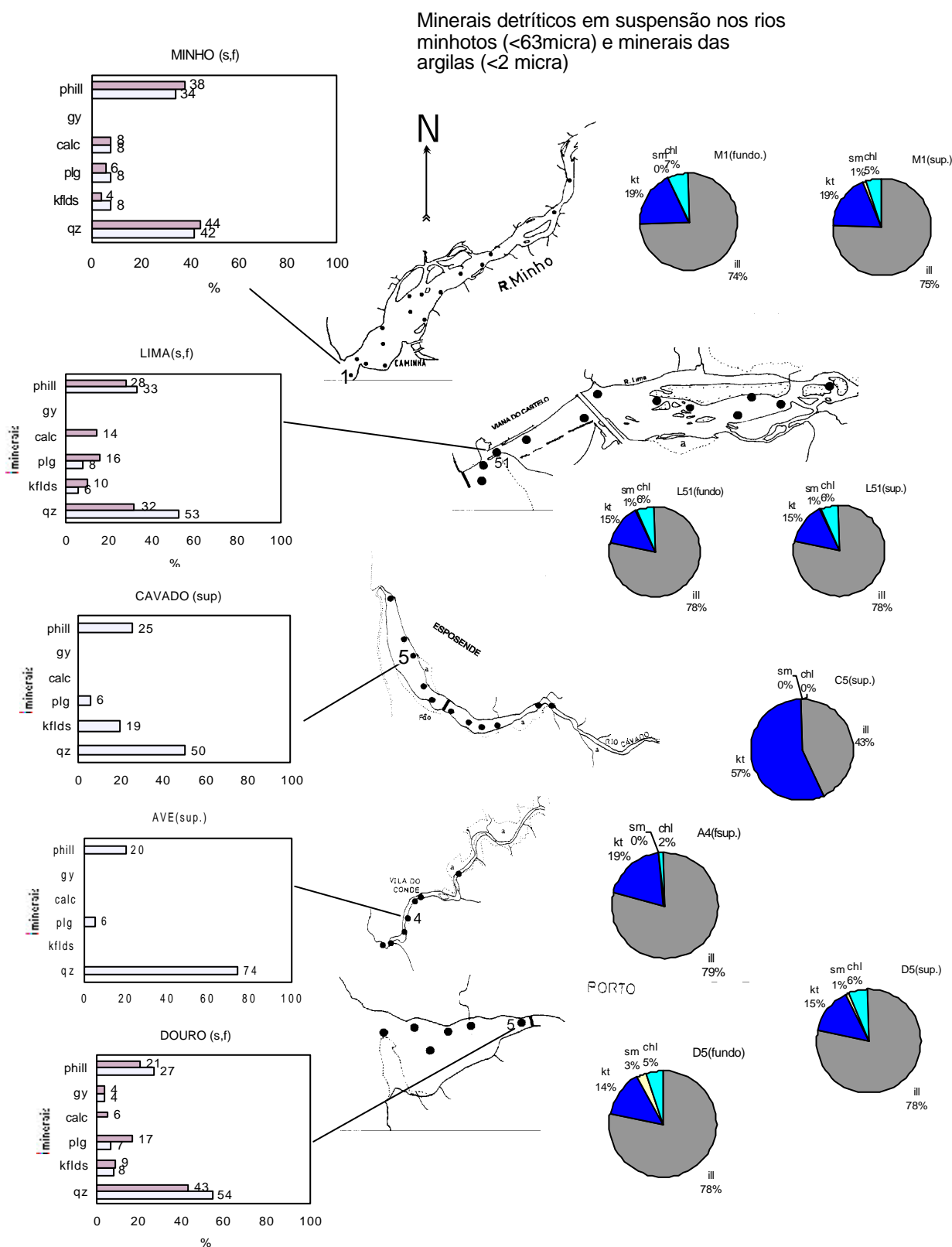


Figura V-33. Localização e mineralogia das amostras de MPS colhidas nos rios minhotos (Fevereiro de 1993). Nos gráficos de barras estão representadas as % dos minerais detríticos (<63 μm) em suspensão (a vermelho as % dos minerais referentes às amostras colhidas perto do fundo e a azul as de superfície). Nos gráficos circulares estão representados as % dos minerais das argilas (cinzento-ilite; azul escuro-caulinite; amarelo-esmectite; azul claro-clorite).

Tabela V-13. Mineralogia das argilas do material em suspensão nos rios (100% minerais das argilas); superfície =sup; fundo=fd.

Est. filtros	illite	caulin.	esmect.	clorite
M1(fd)	74	19	0	7
M1(sup)	75	19	1	5
D5(sup)	78	15	1	6
D5(fd)	78	14	3	5
L51(fd)	78	15	1	6
L51(sup)	78	15	1	6
A4(sup)	79	19	0	2
C5(sup)	43	57	0	0

2.5.2.2. Conteúdo mineralógico dos sedimentos de fundo dos rios

Da campanha Sediminho 1/93 seleccionaram-se 14 amostras de sedimentos de fundo (aproximadamente 3 amostras por rio) que continham uma percentagens superior da fracção silto-argilosa (< 63 µm), relativamente ao geral da amostragem, predominantemente arenosa.

A composição mineral das fracções finas dos rios minhotos foi estudada em pormenor por Araújo *et al.*, (2000). Dos minerais identificados por estes autores destacam-se o quartzo, os filossilicatos (essencialmente micas), os feldspatos e os carbonatos, que se encontram em todos os rios, embora com percentagens variáveis. Nos sedimentos dos rios Minho e Ave predomina o quartzo e, pelo contrário, os conteúdos em feldspato, filossilicatos e carbonatos são diminutos; no rio Lima predominam os filossilicatos e as plagioclases; o rio Cávado caracteriza-se por sedimentos com baixos valores de filossilicatos e o Douro pela presença de feldspato acima da média do conjunto.

A análise dos minerais das argilas realizada nos sedimentos de fundo dos rios (estações na figura VI -8) mostra um cortejo mineralógico monótono formado por illite, caulinite, clorite e esmectite. Na figura V-34 encontramos exemplos representativos dos difractogramas obtidos nos estuários dos rios Douro e Minho.

O mineral das argilas dominante é a illite, com percentagens sempre superiores a 60 % (média 63%), com excepção de uma estação no rio Cávado, onde se observa valores muito baixos (24%). A caulinite apresenta valores entre 14% (estuário do rio Lima) e 74% (rio Cávado), com valor médio de 32%. A clorite apresenta valores variáveis desde vestigial (0,1%) a 10%, encontrando-se os valores mais elevados nos estuários dos rios Douro, Cávado e Lima. A esmectite apresenta sempre valores muito baixos, da ordem dos 1%, nos estuários, e praticamente desaparece para o interior dos rios, com excepção do rio Minho. É de realçar a predominância de caulinite numa das estações do rio Cávado, tal como foi também verificado

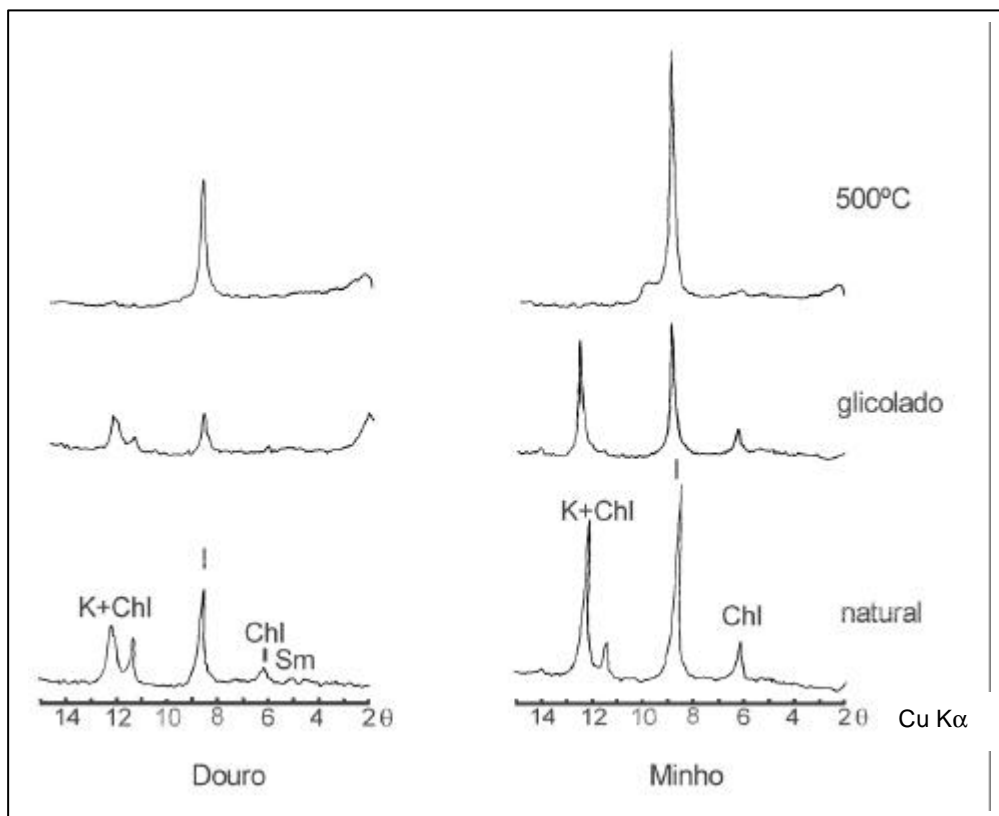


Figura V-34. Difractogramas representativos dos minerais das argilas obtidos nos sedimentos de fundo dos rios Douro (D5) e Minho (M6).

na MPS, podendo esta espécie ser utilizada como mineral traçador deste rio para a plataforma (fig.V-35). A dominância da caulinite poderá ser explicada pela presença de depósitos de caulinite a cerca de 10 km da desembocadura (Barqueiros) e pelo elevado estado de assoreamento do rio Cávado. Entre os minerais argilosos a caulinite é o primeiro a sofrer deposição e normalmente em ambientes com elevado acarreo detrítico (altas taxas de deposição) (Chamley, 1989).

Araújo *et al.* (2000), utilizando maior número de amostras de sedimentos provenientes dos rios minhotos concluíram, que os do rio Minho são dos mais ricos em clorite, com ilites de cristalinidade elevada; os dos rios Lima e Ave são mais ricos em ilite, com baixos valores de caulinite; os sedimentos do rio Cávado são, como referenciado neste trabalho, mais ricos em caulinite; e os do Douro apresentam valores elevados de ilite e de caulinite.

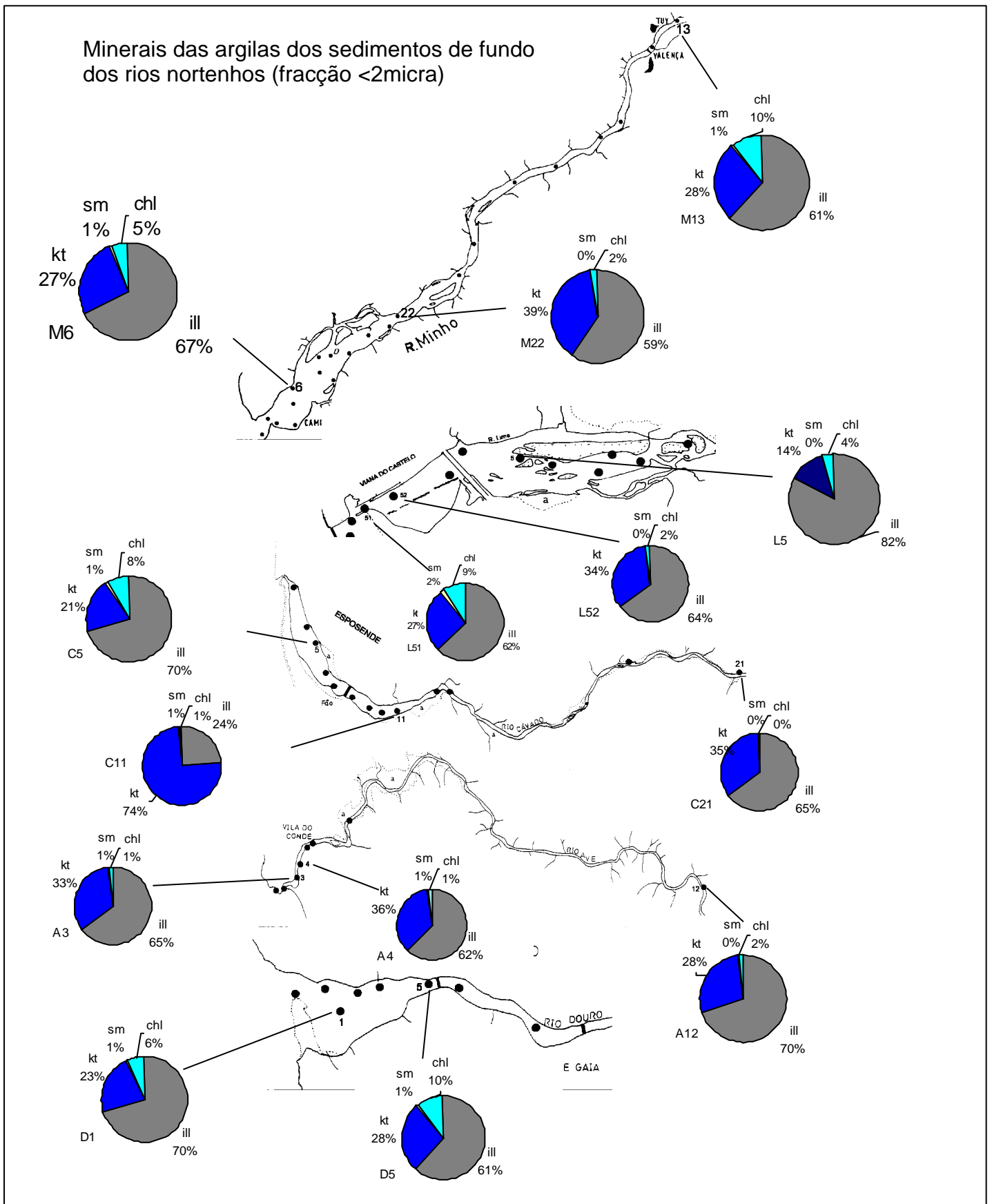


Figura V-35. Localização das amostras dos sedimentos de fundo colhidos nos rios minhotos (campanha SEDIMINHO I/93). Nos gráficos circulares estão representados as % dos minerais das argilas (cinzento-ilite; azul escuro-caulinite; amarelo-esmectite; azul claro-clorite) obtidas por DRX.

2.5.3. Conclusões

A observação da fracção fina ($>63\mu\text{m}$) permitiu verificar que o material em suspensão nos rios (superfície e fundo) é maioritariamente formado por quartzo, com valores superiores a 42%, seguido pelos filossilicatos com percentagem média de 28 %.

Na fracção argilosa, observa-se um cortejo mineralógico monótona formado por illite, caulinite, clorite e esmectite, sendo a illite o mineral dominante. Contudo, no rio Cávado observa-se percentagens superiores de caulinite. Os sedimentos de fundo apresentam a mesma mineralogia, com dominância da caulinite no rio Cávado e da clorite no rio Minho.

Na plataforma continental, o conteúdo mineralógico do material em suspensão da fracção fina varia significativamente entre as amostras da superfície (5m) e as colhidas perto do fundo. As amostras de superfície são maioritariamente constituídas por filossilicatos, enquanto perto do fundo o quartzo pode tornar-se o mineral dominante. À superfície, as amostras colhidas na proximidade dos rios contém também percentagens mais elevadas de quartzo, relacionadas com o acarreio directo dos rios. O mineral das argilas dominante, tal como nos rios, é a illite, com percentagens semelhantes aos 5m e perto do fundo.

A composição mineralógica verificada na fracção fina e argilosa, dos rios e da plataforma é muito semelhante, permitindo concluir que a componente detrítica da MPS que se encontra na plataforma é directamente exportada pelos rios, constituindo a principal fonte sedimentar. Como traçadores mineralógicos nas águas da plataforma continental, foram identificados a caulinite para o rio Cávado e a clorite para o rio Minho. O rio Douro apresenta altas taxas de illite e caulinite que constituem os dois minerais predominantes da MPS das águas da plataforma minhota.