

A close-up photograph of a hand pouring sand from the fingers. The sand is falling in a thick stream, creating a blurred effect. In the background, a rocky coastline is visible under a clear blue sky. The rocks are dark and jagged, contrasting with the bright sand and sky.

UNIVERSIDADE DO ALGARVE  
FACULDADE DE CIÊNCIAS DO MAR E DO AMBIENTE

*RELAÇÃO ENTRE SEDIMENTOS ARENOSOS  
FLUVIAIS E COSTEIROS: ESTUDO DOS MINERAIS  
PESADOS DAS AREIAS ACTUAIS DO ALGARVE  
OCIDENTAL.*

DISSERTAÇÃO PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE  
MESTRE EM ESTUDOS MARINHOS E COSTEIROS

BRUNO MIGUEL GREGÓRIO RODRIGUES

FARO  
2007

**UNIVERSIDADE DO ALGARVE**

**FACULDADE DE CIÊNCIAS DO MAR E DO AMBIENTE**

***RELAÇÃO ENTRE SEDIMENTOS ARENOSOS  
FLUVIAIS E COSTEIROS: ESTUDO DOS MINERAIS  
PESADOS DAS AREIAS ACTUAIS DO ALGARVE  
OCIDENTAL.***

**DISSERTAÇÃO PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE  
MESTRE EM ESTUDOS MARINHOS E COSTEIROS**

**BRUNO MIGUEL GREGÓRIO RODRIGUES**

**FARO  
2007**

**Nome:** Bruno Miguel Gregório Rodrigues

**Departamento:** Faculdade de Ciências do Mar e Ambiente da Universidade do Algarve

**Orientadores:** Doutora Cristina Carvalho Veiga Pires  
(Professora Auxiliar de Nomeação Definitiva da Faculdade de Ciências do Mar e Ambiente da Universidade do Algarve)

Doutor Nuno Machado Fernandes  
(Professor Associado do Département des Sciences de la Terre et de l'Atmosphère da Université du Québec à Montreal)

**Data:** 2007

**Título da dissertação:** *Relação entre sedimentos arenosos fluviais e costeiros: Estudo dos minerais pesados das areias actuais do Algarve Ocidental.*

**Júri:**

**Presidente:** Doutor Tomasz Boski (Professor Catedrático da Faculdade de Ciências do Mar e Ambiente da Universidade do Algarve)

**Vogais:** Doutor João Pedro Veiga Ribeiro Cascalho (Investigador Auxiliar da Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa)

Doutor Nuno Machado Fernandes (Professor associado do Département des Sciences de la Terre et de l'Atmosphère da Université du Québec à Montreal)

Doutora Cristina Carvalho Veiga Pires (Professora Auxiliar da Faculdade de Ciências do Mar e Ambiente da Universidade do Algarve)

Doutor Paulo Manuel Carvalho Fernandes (Professor Auxiliar da Faculdade de Ciências do Mar e Ambiente da Universidade do Algarve)

*O conteúdo desta tese é da inteira responsabilidade do autor*

## **AGRADECIMENTOS**

Aos meus orientadores, a Doutora Cristina Veiga-Pires e o Doutor Nuno Machado, por toda a disponibilidade, apoio, aconselhamento, ensinamentos e paciência despendida durante todo o período de execução do trabalho, um muito obrigado.

Ao Doutor Eduardo Silva por facultar e facilitar a utilização do separador electromagnético Frantz da Universidade de Aveiro.

Aos membros do CIMA e funcionários da FCMA que me apoiaram e auxiliaram em diversas tarefas.

E a todos os que contribuíram de alguma forma para a realização deste trabalho, aqui deixo os meus mais sinceros agradecimentos.

## **RESUMO**

O conhecimento da composição mineralógica das areias existentes nas ribeiras e praias do Algarve Ocidental é essencial para determinar a proveniência dos sedimentos, no qual o estudo da assembleia de minerais pesados (MP) se destaca como uma boa ferramenta. Nesse sentido, foi estudada a assembleia de MP da fracção da areia média a fina das praias e ribeiras do Algarve Ocidental. No total, foram analisadas 40 amostras. As amostras foram crivadas e os MP foram concentrados por diferença de densidades, separados de acordo com a susceptibilidade magnética e observados à lupa binocular.

Foram identificadas 18 espécies de minerais: zircão, titanite, almandina, estauroilite, andaluzite, cianite, epídoto, turmalina, augite, hornblenda, corindo, ilmenite, rútilo, anátase, ganite, magnetite, cromite e apatite.

Foi possível constatar que, na generalidade, a distribuição espacial dos MP não é semelhante entre praias e ribeiras e que existem diferenças relativamente à distribuição dos MP entre praias da costa oeste e da costa sul.

Foram efectuadas observações à titanite, onde se observou que esta consegue resistir à meteorização desde a rocha-mãe até às praias, tornando-a num bom traçador mineral para o maciço de Monchique. Foram ainda observados zircões detríticos, na maioria incolores, sem inclusões e maioritariamente arredondados a subarredondados. Entre os zircões euédricos existentes nas amostras destacou-se a presença de uma tipologia típica de rochas alcalinas, até então não documentada nas areias em estudo. As análises efectuadas aos zircões por catodoluminescência revelaram a existência de espécimes com texturas de zonamento típicas de rochas magmáticas.

**Palavras-chave:** Minerais pesados, zircão, titanite, areias de praia, sedimentos detríticos

**TITLE: *RELATING PRESENT DAY FLUVIAL AND COASTAL SANDY SEDIMENTS BASED ON THE STUDY OF HEAVY MINERALS FROM THE WESTERN ALGARVE***

**ABSTRACT**

The knowledge of the mineralogical composition of sands in rivers and beaches from Western Algarve is essential to determine their provenance. For that purpose, the study of the Heavy Mineral (HM) assemblages is a good tool. Accordingly, the present work focuses on the study of HM assemblages in the medium to very fine fractions of sands from rivers and beaches in the Western Algarve.

A total of 40 samples were analyzed in the present work. The samples were sieved, the heavy minerals separated according to their density and magnetic susceptibility, and observed with a binocular microscope.

Eighteen mineral species were identified: zircon, titanite, almandine, staurolite, andalusite, kyanite, epidote, tourmaline, augite, hornblende, corundum, ilmenite, rutile, anatase, gahnite, magnetite, chromite and apatite.

The spatial distribution of HM between beaches and rivers is not similar, and there are also differences between beaches from the west and south coasts.

Titanite morphology changes with distance ranging from angular at the source, to rounded in the beach sands, which indicates that this mineral can resist mechanical abrasion for ca. 14 km. This allows titanite to be used as a tracer of Monchique massif contributions to sediments. Detrital zircons were also observed and characterized as mainly colourless, rounded to sub-rounded and without inclusions. Some of the euhedral detrital zircons were devoid of prismatic faces, a feature characteristic of zircons from alkaline igneous rocks. This type of zircon had not been recognized previously in sands from the area under study. Analyses of zircons by cathodoluminescence further showed the presence of zoning that is typical of zircon formed in igneous rocks.

**Keywords:** Heavy minerals, zircon, titanite, beach samples, detritic sediments

## ÍNDICE GERAL

1. INTRODUÇÃO.....	1
1.1. ESTUDOS PRÉVIOS NA ÁREA DE ESTUDO.....	5
1.2. OBJECTIVOS PROPOSTOS .....	7
2. ENQUADRAMENTO DA ZONA DE ESTUDO .....	9
2.1 CLIMA E AGITAÇÃO MARÍTIMA .....	10
2.2. HIDROGRAFIA.....	10
2.3. ENQUADRAMENTO GEOMORFOLÓGICO.....	11
2.4. ENQUADRAMENTO GEOLÓGICO .....	12
2.5. METAMORFISMO .....	17
2.6. SEDIMENTOS DA PLATAFORMA CONTINENTAL.....	19
2.7. CONSIDERAÇÕES SOBRE A ÁREA DE ESTUDO .....	19
3. METODOLOGIA.....	21
3.1. AMOSTRAGEM.....	21
3.2. ANÁLISE LABORATORIAL .....	23
3.2.1. PREPARAÇÃO DAS AMOSTRAS, CONCENTRAÇÃO E SEPARAÇÃO DOS MINERAIS PESADOS.....	23
3.2.2. OBSERVAÇÃO DOS MINERAIS .....	26
3.2.3. ANÁLISE POR RAIOS-X E CATODOLUMINESCÊNCIA.....	28
3.3. OBSERVAÇÕES SOBRE AS METODOLOGIAS UTILIZADAS.....	28
4. IDENTIFICAÇÃO DE MINERAIS PESADOS.....	30
4.1. MINERAIS IDENTIFICADOS .....	30
4.1.1. ZIRCÃO ( $ZrSiO_4$ ).....	31
4.1.2. TITANITE ( $CaTiSiO_5$ ) .....	33
4.1.3 GRANADA (ALMANDINA) ( $Fe_3Al_2(SiO_4)_3$ ).....	35
4.1.4 ESTAUROLITE ( $(Fe, Mg, Zn)_2(Al, Fe, Ti)_9O_6[(Si, Al)O_4]_4(O, OH)_2$ ).....	37
4.1.5 ANDALUZITE ( $Al_2SiO_5$ ).....	39
4.1.6. CIANITE ( $Al_2SiO_5$ ).....	40
4.1.7. EPÍDOTO ( $Ca_2(Al, Fe)_3(SiO_4)_3(OH)$ ).....	42

4.1.8. TURMALINA ( (Na,Ca)(Li,Mg,Al)(Al,Fe,Mn) <sub>6</sub> (BO <sub>3</sub> ) <sub>3</sub> (Si <sub>6</sub> O <sub>18</sub> )(OH) <sub>4</sub> ) ..	44
4.1.9. AUGITE( (CaNa)(Mg,Fe,Al)(Si,Al) <sub>2</sub> O <sub>6</sub> ) .....	46
4.1.10 HORNEBLENDAS ( Ca <sub>2</sub> Na(Mg,Fe) <sub>4</sub> (Al,Fe,Ti) <sub>3</sub> Si <sub>6</sub> O <sub>22</sub> (O,OH) <sub>2</sub> ) .....	48
4.1.11 CORINDO ( Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ).....	50
4.1.12 ILMENITE ( FeTiO <sub>3</sub> ).....	51
4.1.13 RÚTILO ( TiO <sub>2</sub> ) .....	52
4.1.14. ANATASE ( TiO <sub>2</sub> ) .....	54
4.1.15 GANITE ( ZnAl <sub>2</sub> O <sub>4</sub> ).....	56
4.1.16 MAGNETITE ( FeFeO <sub>4</sub> ) .....	57
4.1.17 CROMITE ( FeCr <sub>2</sub> O <sub>4</sub> ) .....	58
4.1.18 APATITE ( Ca <sub>5</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> (OH,F,Cl) ) .....	59
4.2 SÍNTESE DOS MINERAIS OBSERVADOS .....	60
5. ANÁLISE DOS RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	62
5.1. DISTRIBUIÇÃO DOS MINERAIS PESADOS.....	62
5.2. A TITANITE COMO TRAÇADOR SEDIMENTAR .....	65
5.3. POPULAÇÃO DE ZIRCÕES .....	68
6. CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS .....	75
7. BIBLIOGRAFIA .....	78

ANEXO I – Designação e localização das amostras.

ANEXO II – Minerais atraídos no separador electromagnético Frantz.

APÊNDICE I – Composição química elementar de vários minerais analisados.

APÊNDICE II – Espectros de raio-X dos minerais analisados.

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 – Representação da relação entre a esfericidade e o arredondamento de partículas sedimentares (adaptado de Raymond, 1984). .....	5
Figura 2.1 – Localização da área de estudo. 1- Bacia de Algezur; 2 – Bacia de Seixe; 3 - Sub-bacia de Monchique; 4 – Sub-bacia de Barranco dos Toiros; 5 – Sub-bacia da Boina; 6 - Sub-bacia da Torre; 7 - Sub-bacia de Farelo; 8 - Sub-bacia de Odiáxere; 9 – Bacia de Bensafrim. ....	9
Figura 2.2 – Elementos morfológicos da costa ocidental da área estudada. Índices da legenda no interior da figura: a - plataforma litoral; b - principais entalhes; c/d - rebordos tectónicos; e - praias; f - arribas (com comando, de um modo geral, maior para Sul, 1 - <50m; 2 – 50-100 m; 3 - >100m); g - relevos tectónicos e/ou de dureza; h - áreas marginais (adaptado de Pereira, 1990). ....	12
Figura 2.3 – Mapa geológico simplificado da Zona Sul Portuguesa (adaptado de Oliveira <i>et al.</i> , 1991). ....	13
Figura 2.4 – Enquadramento geológico pormenorizado da área de estudo. ....	15
Figura 2.5 – Zonamento metamórfico na Zona Sul Portuguesa. Zona 1- facies zeólítica; Zona 2 e 3-fácies prenite-pumpelite xistos verdes; Zona 4 - fácies dos xistos verdes (Munhá, 1983). ....	18
Figura 2.6 – Principais minerais pesados descritos na bibliografia existente para a área de estudo e que poderão integrar os sedimentos actuais das praias e ribeiras. ....	20
Figura 3.1- Localização das 40 amostras estudadas. ....	21
Figura 3.2 – Sequência da primeira fase dos trabalhos laboratoriais desde a amostragem até à observação e identificação dos minerais (Sep.: Separação; Min.: Minerais; SEF: Separador electromagnético Frantz). ....	25
Figura 3.3 - Vistas lateral e em planta de um separador electromagnético Frantz. A-íman; B-Funíl; C-Oscilador; D-Copo receptor. (adaptado de Parfenoff <i>et al</i> , 1970) ....	26
Figura 4.1 – Mapa da quantidade relativa de zircão nas amostras observadas. ....	32

Figura 4.2 – A) Hábito cristalino do zircão (adaptado de webmineral, 2007); B e C) Fotografias de zircões da Praia da Bordeira observados à lupa binocular (todos os grãos possuem uma dimensão inferior a 200 $\mu\text{m}$ ). .....	32
Figura 4.3 – Mapa da quantidade relativa de titanite nas amostras observadas. ....	34
Figura 4.4 – A) Hábito cristalino da titanite (adaptado de webmineral, 2007); B) Fotografia à lupa de uma titanite observada na ribeira de Boina (dimensão inferior a 200 $\mu\text{m}$ ); C) Fotografia de titanite da ribeira de Boina observada ao MEV. ....	34
Figura 4.5 – Mapa da quantidade relativa de almandina nas amostras observadas.....	36
Figura 4.6 – A) Hábito cristalino da almandina (adaptado de webmineral, 2007); B) Fotografia à lupa de uma almandina observada na ribeira de Odelouca (dimensão inferior a 200 $\mu\text{m}$ ). .....	36
Figura 4.7 – Mapa da quantidade relativa de estaurolite nas amostras observadas.....	38
Figura 4.8 – A) Hábito cristalino da estaurolite (adaptado de webmineral, 2007); B e C) Fotografias à lupa de grãos de estaurolite da ribeira de Boina onde se observa fragmentos subangulosos (B) e subarredondados (C) (dimensão dos grãos entre 63 e 200 $\mu\text{m}$ ).....	38
Figura 4.9 – Mapa da quantidade relativa de anatase-cianite nas amostras observadas. ....	41
Figura 4.10 – A) Hábito cristalino da cianite (adaptado de webmineral, 2007); B) Fotografia de cianite da Praia de Odeceixe observada ao MEV. ....	41
Figura 4.11 – Mapa da quantidade relativa de epídoto nas amostras observadas. ....	43
Figura 4.12 – A) Hábito cristalino do epídoto (adaptado de webmineral, 2007); B) Fotografia à lupa de um epídoto observado (grão com dimensão inferior a 200 $\mu\text{m}$ ). .....	43
Figura 4.13 - Mapa da quantidade relativa de turmalina nas amostras observadas.....	45
Figura 4.14 – A) Hábito cristalino da turmalina (adaptado de webmineral, 2007); B e C) Fotografia à lupa de grãos de turmalina observados na ribeira de Aljezur (dimensão dos grãos inferior a 200 $\mu\text{m}$ ). .....	45
Figura 4.15 – Mapa da quantidade relativa da augite nas amostras observadas. ....	47

Figura 4.16 – A) Hábito cristalino da augite (adaptado de webmineral, 2007); B e C) Fotografias à lupa de augite observada na ribeira de Boina, apresentando-se bem angulosa e de cor verde-escura (dimensão dos grãos inferior a 200 µm).....	47
Figura 4.17 – Mapa da quantidade relativa de hornblenda nas amostras observadas. ....	49
Figura 4.18 – Fotografias à lupa de hornblenda subarredondada na Praia de Alvor (A) e angulosa da ribeira de Boina (B) (dimensão dos grãos inferior a 200 µm).....	49
Figura 4.19 – A) Hábito cristalino do corindo (adaptado de webmineral, 2007); B) Fotografia à lupa do corindo observado na Praia de Bordeira (grão com dimensão inferior a 200 µm); C) Fotografia do corindo observado na Praia da Bordeira ao MEV.....	51
Figura 4.20 – A) Hábito cristalino da ilmenite (adaptado de webmineral, 2007); B) Fotografia à lupa da ilmenite observada na amostra da Praia de Bordeira (dimensão dos grãos inferior a 200 µm); C) Fotografia de Ilmenite observada na amostra da Praia de Bordeira ao MEV.....	52
Figura 4.21 – Mapa da quantidade relativa de rútilo nas amostras observadas.....	53
Figura 4.22 – A) Hábito cristalino do rútilo (adaptado de webmineral, 2007); B e C) Fotografias à lupa de rútilo observado na ribeira de Boina, apresentando variações na cor desde amarelado a negro no mesmo grão (B) a tons mais avermelhados (dimensão dos grãos inferior a 200 µm). ....	54
Figura 4.24 – A) Hábito cristalino da anatase (adaptado de webmineral, 2007); B) Fotografia à lupa de anatase observada na ribeira de Boina (grão com dimensão inferior a 200 µm). ....	55
Figura 4.25 – A) Hábito cristalino da ganite (adaptado de webmineral, 2007); B) Fotografia à lupa de ganite observada na Praia de Bordeira (dimensão do grão entre 63 e 200 µm). ....	57
Figura 4.26 – Fotografia à lupa de um aglomerado de magnetite da ribeira da Torre (dimensão dos grãos inferior a 200 µm).....	58
Figura 4.27 – A) Hábito cristalino da cromite (adaptado de webmineral, 2007); B) Fotografia de cromite observada na ribeira de Bensafirim captada no MEV.....	59

Figura 4.28 – A) Hábito cristalino da apatite (adaptado de webmineral, 2007); B) Fotografia à lupa de apatite observada na ribeira de Boina (dimensão dos grãos inferior a 200 $\mu\text{m}$ ). .....	60
Figura 5.1 – Quantidade relativa de zircão, titanite, estaurolite e horneblenda nas amostras observadas. Cada divisão no gráfico corresponde a uma classe de abundância.....	63
Figura 5.2 – Quantidade relativa de granada, turmalina e rútilo nas amostras observadas. Cada divisão no gráfico corresponde a uma classe de abundância. ....	63
Figura 5.3 – Principais diferenças nas quantidades relativas entre a costa oeste e a costa sul para a estaurolite, a anatase-cianite e a turmalina. Cada divisão no gráfico corresponde a uma classe de abundância.....	64
Figura 5.4 – A) Mapa de localização das amostras ao longo da ribeira da Boina; B) Fotografias captadas no MEV de grãos de titanite do maciço de Monchique (MCQ-1), em amostras provenientes da ribeira de Boina (BOI-1, BOI-2, BOI-3, BOI4) e da Praia da Bordeira (BOR-4) (dimensão aproximada dos grãos de 200 $\mu\text{m}$ ).....	67
Figura 5.5 – Fotografias de grãos de titanite captadas no MEV que mostram marcas de percussão, assinaladas com setas a branco, em 2 exemplares de titanite da ribeira de Boina. A - Amostra BOI-3. B - Amostra BOI-4.....	67
Figura 5.6 – Classificação tipológica dos principais tipos e subtipos de zircão com a escala geotermal correspondente (adaptado de Pupin, 1980). O elipsóide indica as tipologias observadas a que se faz referência no presente trabalho. ....	71
Figura 5.7 – Exemplares de zircões euédricos observados (A, B, C, D e F - espécimes das amostras da ribeira da Boina, Torre e Odelouca. Fotografias captadas no MEV), típicos de rochas alcalinas, comparativamente com zircões provenientes de rochas alcalinas (G – Intrusão alcalina de Peixe, Goiás, Brasil; H - Natividade, Goiás, Brasil; I - Península de Kola, Rússia; zircões gentilmente cedidos para fotografia pelo Doutor Nuno Machado)..	72
Figura 5.8 – Fotografia da catodoluminescência de um exemplar de zircão ígneo (A), que mostra desenvolvimento oscilatório em torno de um núcleo e um zonamento como resultado da distribuição heterogénea de elementos traço, e um zircão metamórfico (B),	

que mostra uma recristalização em torno de um núcleo (adaptado de Hoskin & Schaltegger, 2003)..... 73

Figura 5.9 – Fotografia da catodoluminescência de um exemplar de zircão euédrico da ribeira de Boina analisado por CL, que apresenta um zonamento típico de zircão magmático. .... 74

## ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1.1 – Estabilidade dos minerais pesados (MP) mais comuns (adaptado de Pettijohn <i>et al.</i> , 1987).....	4
Tabela 3.1 – Designação das amostras e local de amostragem dos pontos da fig. 3.1.....	22
Tabela 3.2 – Intervalo em percentagem para cada uma das classes estabelecidas para a avaliação semi-qualitativa. ....	27
Tabela 4.1 – Características do zircão.....	31
Tabela 4.2 – Características da titanite.....	33
Tabela 4.3 – Características da almandina.....	35
Tabela 4.4 – Características da estaurolite.....	37
Tabela 4.5 – Características da andaluzite.....	39
Tabela 4.6 – Características da cianite.....	40
Tabela 4.7 – Características do epídoto.....	42
Tabela 4.8 - Características da turmalina.....	44
Tabela 4.9 - Características da augite.....	46
Tabela 4.10 - Características da horneblenda.....	48
Tabela 4.11 - Características do corindo.....	50
Tabela 4.12 - Características da ilmenite.....	51
Tabela 4.13 - Características do rútilo.....	52
Tabela 4.14 – Características da anatase.....	54
Tabela 4.15 – Características da ganite.....	56
Tabela 4.16 - Características da magnetite.....	57
Tabela 4.17 - Características da cromite.....	58
Tabela 4.18 - Características da apatite.....	59
Tabela 5.1 – Abundância relativa dos parâmetros morfoscópicos (cor, inclusões e forma) dos zircões analisados. Os valores apresentados referem-se à percentagem calculada para 30 zircões de cada amostra. A última linha indica se a amostra foi recolhida numa praia ou numa ribeira.....	69

## 1. INTRODUÇÃO

O conhecimento da composição mineralógica das areias existentes nas ribeiras e praias do Algarve Ocidental é essencial para determinar a proveniência dos sedimentos. O estudo dos minerais pesados constitui uma boa ferramenta para avaliar a proveniência dos sedimentos. Conhecendo a origem dos sedimentos é possível prevenir e/ou minimizar o impacto de medidas que contribuem para a criação de obstáculos ao abastecimento sedimentar fluvial. É ainda possível contribuir com uma base de conhecimentos sobre a diversidade mineralógica existente que permita servir de base para outros estudos.

São designados como minerais pesados (MP) os minerais com uma densidade específica superior a  $2,85 \text{ g.cm}^{-3}$ . Assim, excluem-se minerais como o quartzo e os feldspatos, constituintes essenciais da maioria das rochas e designados como minerais leves. Existe um grande número de espécies de MP, no entanto, estes surgem geralmente como minerais acessórios nas rochas-fonte e constituem menos de 1 % da fracção granulométrica da areia nos sedimentos (Lewis & McConchie, 1993).

Desde o início do seu estudo no século XIX que os MP têm sido amplamente usados para efectuar diversos estudos. Edelman & Douglas (1933) realizaram o primeiro estudo sedimentológico baseado no exame sistemático da distribuição dos minerais. Estes autores introduziram o conceito de "*provincia sedimentar*" para designar o conjunto de sedimentos que possuem a mesma idade de formação, a mesma origem e a mesma distribuição (Dias, 2004). Nas décadas de 50 e 60 do século XX, a escola francesa desenvolveu bastante esta linha de investigação, tendo conseguido assinalável êxito na utilização das diferentes espécies ou variedades de espécies, como indicadores de origem e como traçadores do transporte sedimentar (Dias, 2004). De facto, foram os estudos de proveniência que mais se desenvolveram, em particular na prospecção mineira, através da localização de jazigos

primários com interesse económico pelo estudo da respectiva paragénese contida nos aluviões (Carvalho, 2005). Inúmeros trabalhos têm sido efectuados em estudos de proveniência através da análise dos MP, aos quais se faz referência a título de exemplo: estudos sobre erosão costeira (Rao, 1957), tectónica e reconstruções paleogeográficas (Cawood *et al.*, 2003), exploração de hidrocarbonetos (Morton *et al.*, 2001, 2005), diagénese (Morton, 1982), processos de meteorização (Friis, 1978), correlações estratigráficas (Ajdnlisky & Dotzov, 2006; Weissbrod & Nachmias, 1986) e geologia forense (Suguio, 2003).

Entende-se como proveniência a rocha-mãe de onde derivam os grãos que constituem os sedimentos. A rocha-mãe pode ser de origem ígnea, metamórfica ou sedimentar, podendo assim existir componentes mineralógicos nos sedimentos que sofreram vários ciclos sedimentares e outros que se encontram num primeiro ciclo. Podem ser realizados estudos de proveniência de sedimentos efectuando análises detalhadas a espécies individuais de MP (análises geoquímicas, morfometria, datações), podendo a morfologia e as estruturas internas de um grão mineral serem indicadores da petrogénese e conseqüentemente da sua proveniência (Lihou & Mange-Rajetzky, 1996).

Apesar de bons indicadores, a identificação da proveniência dos sedimentos a partir de MP é normalmente problemática fornecendo muitas vezes conclusões erróneas. Isto deve-se a uma variedade de factores enumerados por Morton (1991), factores esses que alteram a assembleia<sup>1</sup> de MP que está presente na rocha-fonte, dificultando também a sua identificação nos sedimentos, nomeadamente:

---

<sup>1</sup> No presente trabalho optou-se por aplicar o termo “assembleia de minerais”, tradução do termo “ mineral assemblages” utilizado na literatura anglo-saxónica e em alguns países de Língua Oficial Portuguesa (p.ex. Brasil) em detrimento do termo “cortejo sedimentar” que é comumente utilizado em Portugal, mas possuindo o mesmo significado.

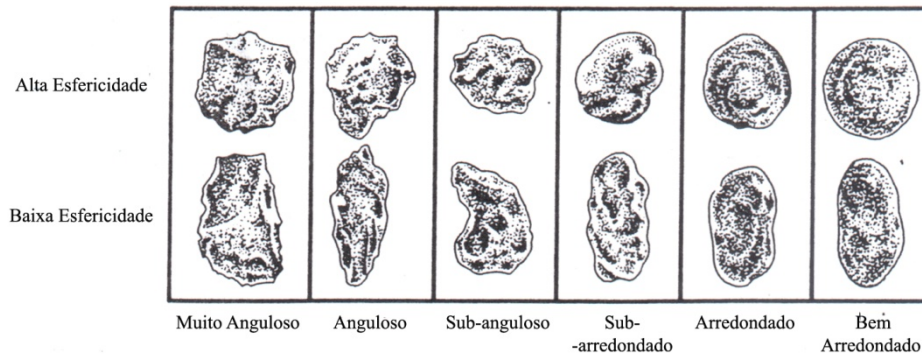
- Mudanças ocorridas na mineralogia por meteorização;
- Mudanças causadas por processos mecânicos (abrasão) durante o transporte antecedente à deposição final;
- Efeitos da diagénese causados pela percolação de fluidos pós-deposicionais através do sedimento;
- Variações nos processos laboratoriais, incluindo tratamentos pré-químicos, métodos de separação e de identificação dos minerais, uma vez que qualquer analista, mesmo que experiente, efectua com um grau de subjectividade algumas das suas identificações.

Os minerais sofrem uma intensa meteorização na rocha-mãe (Tucker, 2001) e numa variedade de condições geoquímicas durante o ciclo sedimentar (Morton & Hallsworth, 1999) que podem resultar numa perda parcial ou total dos minerais, nomeadamente durante o armazenamento nas planícies fluviais (Tucker, 2001) ou durante a diagénese (Morton, 1982). A estabilidade química dos minerais detríticos depende directamente da sua composição e das condições do meio ambiente, sendo influenciados, além de outros factores, pelo tempo de exposição, quantidade de água, pH e Eh (Pettijohn *et al.*, 1987; Morton & Hallsworth, 1999). Apesar da estabilidade química variar, Pettijohn *et al.* (1987) agruparam os MP mais comuns em cinco níveis de estabilidade: ultra-estáveis, estáveis, moderadamente estáveis, instáveis e muito instáveis (tab. 1.1).

**Tabela 1.1** – Estabilidade dos minerais pesados (MP) mais comuns (adaptado de Pettijohn *et al.*, 1987).

MP Ultra-estáveis	rútilo, turmalina, zircão, anatase, biotite, ilmenite, magnetite.
MP Estáveis	apatite, granada (pobre em ferro), estauroilite, monazite
MP Moderadamente estáveis	epídoto, cianite, granada (rica em ferro), silimanite, titanite, zoisite
MP Instáveis	horneblenda, actinolite, augite, diópsido, andaluzite, hiperstena
MP Muito Instáveis	olivina

Durante o transporte e deposição, a distribuição física controla a abundância relativa dos MP e a abrasão mecânica provoca a diminuição do tamanho dos grãos através da fractura e do arredondamento (Morton & Hallsworth, 1999). Um dos factores que influencia tanto o transporte como a deposição é a forma dos grãos. A forma de um grão é condicionada pela organização espacial e pelas características físicas e químicas da matéria cristalina que o constitui (*e.g.* Cascalho, 2000). É habitual o emprego do termo “forma” para referir ao aspecto global exterior dos grãos, em detrimento do termo “hábito” que tem um significado mais específico (Cascalho, 2000). O uso do termo “arredondado” refere-se à eliminação das arestas e saliências dos grãos (Masselink & Hughes, 2003), enquanto a “esfericidade” é a relação entre os eixos axiais (Tucker, 2001). Isto significa que se os eixos de um grão possuírem dimensões semelhantes os grãos aproximam-se de uma forma esférica. É assim possível observar grãos com formas angulosas mas com uma alta esfericidade e vice-versa (fig. 1.1).



**Figura 1.1** – Representação da relação entre a esfericidade e o arredondamento de partículas sedimentares (adaptado de Raymond, 1984).

O grau de arredondamento de um grão mineral é em função da sua resistência à alteração química, à abrasão mecânica e à energia do meio onde esteve inserido. O grau de arredondamento é também associado à distância de transporte. Os grãos arredondados são associados a longos trajectos desde a rocha-mãe até ao local de deposição (Masselink & Hughes, 2003). No entanto, esta relação não é directa pois o modo de transporte dos grãos (transporte de fundo, saltação, suspensão) influencia fortemente a distância percorrida e a abrasão sofrida pelos grãos.

Todos os factores anteriormente descritos afectam a assembleia de MP encontrada nos sedimentos, devendo as interpretações resultantes das observações efectuadas serem cautelosas, especialmente em estudos de proveniência.

### 1.1. ESTUDOS PRÉVIOS NA ÁREA DE ESTUDO

Em relação à área de estudo, os trabalhos mais importantes sobre as areias de praia no Algarve estiveram relacionados com a evolução e origem das areias das ilhas barreira da Ria Formosa. Os trabalhos desenvolvidos concluíram que as areias que abastecem actualmente o sistema de ilhas barreira, têm como origem mais provável as arribas localizadas entre os Olhos de Água e o Ancão (Dias, 1988, Bettencourt *et al.*, 1989). Estes

trabalhos basearam-se principalmente no estudo de minerais leves e na exoscopia dos grãos de quartzo.

Além dos trabalhos na Ria Formosa, também foi realizado um trabalho no litoral do Alentejo e do Algarve Ocidental com o objectivo de correlacionar vários depósitos sedimentares (Pereira, 1990). Os dados obtidos a partir da análise de quartzo e de alguns minerais leves (moscovite e feldspatos) permitiram inferir sobre o tipo de ambiente de sedimentação dos diferentes depósitos. No entanto, não foram estudados os MP nem foi referida a proveniência dos sedimentos.

Na plataforma continental do Alentejo e Algarve foram realizados diversos estudos no âmbito da elaboração da carta de sedimentos superficiais (Moita, 1986). Entre estes, pode-se referir a identificação da composição mineralógica da assembleia de MP, a sua distribuição espacial, avaliação das condições de sedimentação, avaliação do grau de maturidade e de possíveis proveniências (Moita, 1986; Cascalho & Carvalho, 1991; Cascalho *et al.*, 1994; Magalhães, 2001). Estes estudos permitiram aos autores concluir que a baixa diversidade textural na plataforma Alentejana e Algarvia está, provavelmente, relacionada com a inexistência de rios que possuam um importante aporte de material terrígeno para a plataforma e com a exposição à forte agitação marítima que provoca uma grande dispersão dos minerais, em particular na plataforma Alentejana (Cascalho *et al.*, 1994; Magalhães, 2001). A maior parte da areia que se encontra na plataforma do Algarve foi interpretada como constituindo um sedimento relíquia, tendo aí sido sedimentada quando o mar se encontrava a níveis mais baixos que os actuais, pois o material arenoso interpretado como recente (partículas sedimentares angulosas) é pouco abundante (Moita, 1986).

Mais recentemente, foi realizado um estudo preliminar sobre várias amostras de areias de praia e de depósitos Plio-Plistocénicos, entre Albufeira e a Península do Ancão, com o objectivo específico de estudar as suas proveniências (Veiga-Pires *et al.*, 2007). As datações realizadas sobre os zircões (representativos dos diferentes tipos cromáticos e morfológicos seleccionados em cada amostra) indicam que a fonte ou as fontes dos mesmos encontram-se disponíveis desde o Pliocénico até ao momento. Os dados obtidos nesse estudo sugerem a Zona Sul Portuguesa como a proveniência mais provável para os mesmos. No entanto, os estudos realizados até ao momento não permitiram a identificação exacta da proveniência das areias.

## **1.2. OBJECTIVOS PROPOSTOS**

Os trabalhos efectuados até ao momento na região permitiram avaliar a diversidade da assembleia de MP existentes na plataforma continental do Alentejo e Algarve, mas não existem descrições sobre os MP existente nas praias e ribeiras, em particular no Algarve Ocidental. É necessário e importante conhecer quais os minerais que existem actualmente nas ribeiras e praias, para que seja possível efectuar um leque alargado de estudos (p. ex. proveniência, transporte sedimentar, paleoambientes). Nesse sentido, o objectivo principal deste trabalho consiste no estudo da composição mineralógica da assembleia de MP das praias e ribeiras do Algarve Ocidental na fracção da areia média a muito fina (inferior a 200  $\mu\text{m}$ ).

Este estudo permitirá:

- Identificar e caracterizar os MP existentes nas ribeiras e praias do Algarve Ocidental e a sua distribuição;
- Reconhecer a proveniência dos MP no contexto geológico do Algarve.

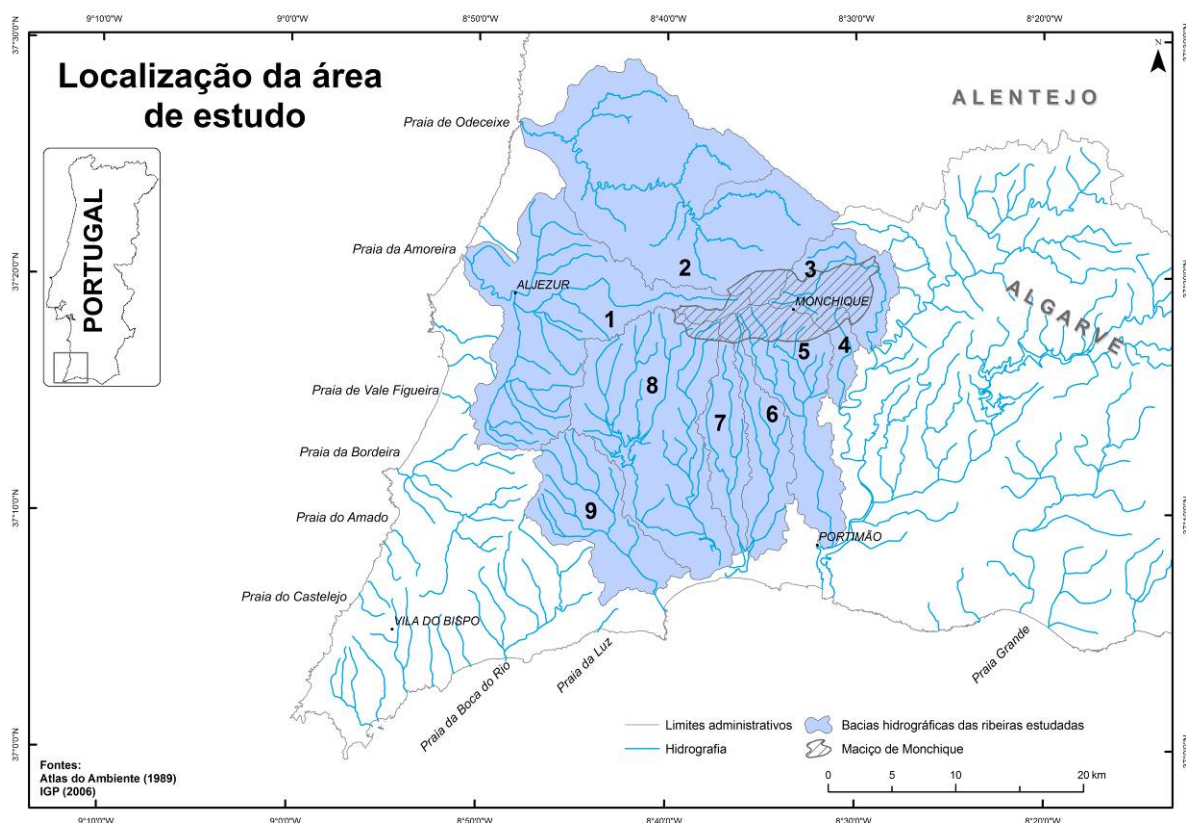
Para cumprir os objectivos propostos é necessário:

- Identificar de forma rigorosa e caracterizar os MP nas areias de praia do Algarve Ocidental e nos sedimentos fluviais actuais;
- Estabelecer uma relação entre as areias de praia do Algarve Ocidental e os sedimentos fluviais;
- Analisar o zircão e outros minerais diagnósticos como traçadores para o reconhecimento das áreas fonte dos mesmos.

Para o presente trabalho foram utilizadas amostras e seguida a metodologia adoptada no projecto de investigação científica CHYNA – *Changing hydrographic network in Algarve during the Quaternary* (POCTI/CTA/48375/2002), desenvolvido na Universidade do Algarve e financiado pelo FEDER e OE, através da Fundação para a Ciência e Tecnologia.

## 2. ENQUADRAMENTO DA ZONA DE ESTUDO

A região estudada localiza-se no extremo SW de Portugal, na região oeste do Algarve (fig. 2.1). A área de estudo compreende todas as bacias e sub-bacias hidrográficas de ribeiras que drenam o maciço de Monchique (bacias de Seixe, Algezur e sub-bacias de Odiáxere, Boina, Farelo, Torre, Monchique e Barranco dos Toiros) e a bacia hidrográfica da ribeira de Bensafrim. A ribeira de Bensafrim é a única das ribeiras analisadas que não drena o maciço de Monchique. No litoral, a área de estudo compreende, na Costa Ocidental, desde a Praia de Odeceixe até ao Cabo de São Vicente e na Costa Sul, desde o Cabo de São Vicente à Praia Grande (fig. 2.1).



**Figura 2.1** – Localização da área de estudo. 1- Bacia de Algezur; 2 – Bacia de Seixe; 3 - Sub-bacia de Monchique; 4 – Sub-bacia de Barranco dos Toiros; 5 – Sub-bacia da Boina; 6 - Sub-bacia da Torre; 7 - Sub-bacia de Farelo; 8 - Sub-bacia de Odiáxere; 9 – Bacia de Bensafrim.

## **2.1 CLIMA E AGITAÇÃO MARÍTIMA**

O clima na região do Algarve é tipicamente mediterrâneo, caracterizado pelo Inverno ameno (temperatura média em Janeiro de 11,5 °C), pelo longo Verão (quatro meses com temperatura superior a 20 °C), pela luminosidade do ar e pela escassez da repartição da chuva (400 a 500 mm em 65 dias e com 6 meses de secas). As montanhas que separam o Algarve do Alentejo defendem-no dos ventos frios e retém no seu flanco as chuvas produzidas pelas depressões que passam a norte. A presença do Atlântico apenas se faz sentir pelo elevado grau de humidade que mantém todo o ano, em particular na área de Sagres (Ribeiro *et al.*, 1988).

No que se refere à agitação marítima, o litoral a Norte do Cabo de São Vicente encontra-se aberto ao regime marítimo do Atlântico, predominantemente de Noroeste, sendo, também por isso, ventoso e afectado por uma ondulação energética. O litoral virado para Sul encontra-se abrigado das condições dominantes do Atlântico, sendo a energia associada à ondulação dominante que provem de Sudoeste (Dias, 1988). Como resultado, as correntes longilitorais dominantes junto à costa algarvia fazem-se sentir, de modo geral, para sul na costa ocidental (Taborda, 1993) e para este na costa meridional (Granja, 1984).

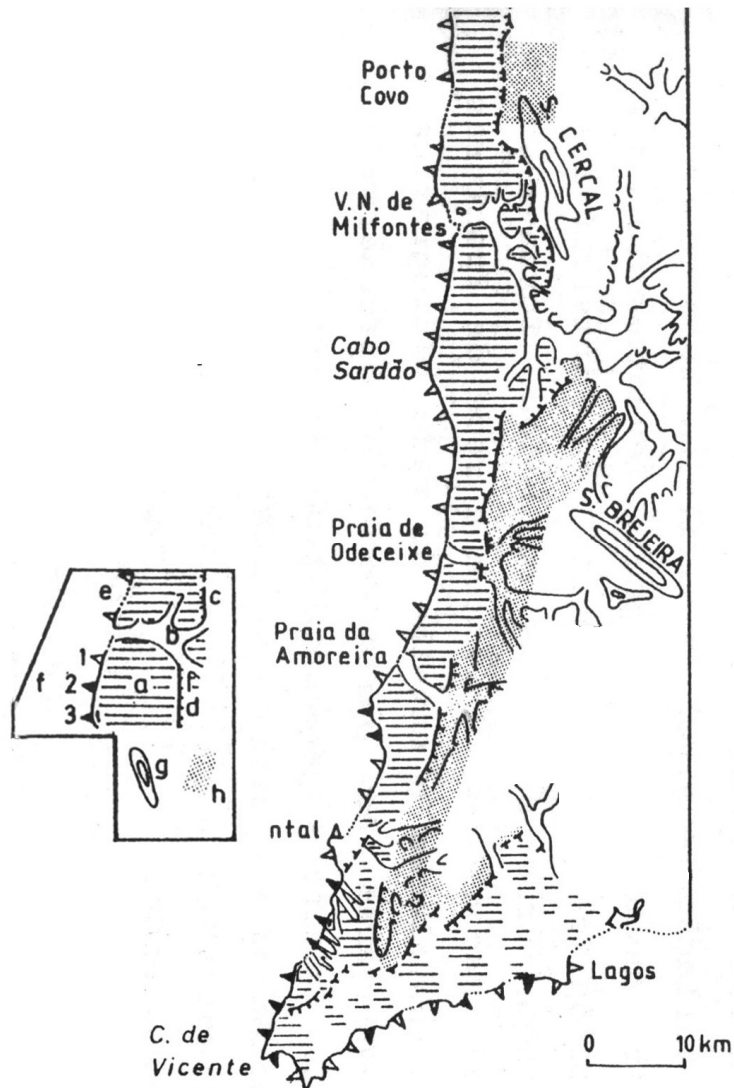
## **2.2. HIDROGRAFIA**

A rede de drenagem na área em estudo pode ser dividida em dois conjuntos: a da costa ocidental e a da costa sul (fig. 2.1). Na rede de drenagem da costa ocidental as ribeiras de maior comprimento são as de Seixe (46 km) e de Aljezur (35 km). Estas ribeiras apresentam as partes terminais dos vales bastante largos e em discordância com o regime climático actual (Moura, 1998). As restantes linhas de água são de pequeno comprimento mas fortemente encaixadas, contrastando com a pequena área de captação. Na costa sul, entre o Cabo de São Vicente e Lagos, as linhas de água são de pequena expressão, estando

aparentemente controladas estruturalmente ou pelo contacto entre diferentes formações geológicas (Moura, 1998). Ainda na costa sul, a este de Lagos desaguam ribeiras com grande expressão, como as ribeiras de Bensafrim, Alvor e Arade. Do maciço de Monchique drenam para sul as ribeiras de Odiáxere, Farelo, Torre, Boina, Barranco dos Toiros e Monchique. A ribeira de Odiáxere, Farelo e Torre são afluentes do Alvor. A ribeira de Boina é afluente do Arade e as ribeiras de Barranco dos Toiros e Monchique são afluentes de Odelouca.

### **2.3. ENQUADRAMENTO GEOMORFOLÓGICO**

O relevo da área de estudo é marcado, essencialmente, pela serra de Monchique e pela plataforma litoral. A Serra de Monchique é constituída por um relevo de xistos e grauvaques aplanado a altitudes entre 300 e 400 m, bastante dissecado pela rede de drenagem; e pelo maciço de Monchique, constituído maioritariamente por sienitos nefelínicos, que atinge os 902 m, sendo o relevo mais acentuado da região algarvia (Feio, 1952). Para oeste, a inclinação da superfície aplanada dos xistos da serra de Monchique é gradual até à plataforma litoral. Para sul esta superfície é interrompida por vários acidentes, tornando a transição até à plataforma litoral mais complexa (Feio, 1952). A plataforma litoral (fig. 2.2) é uma superfície plana, bem conservada e marginal ao mar (Pereira, 1990). Esta unidade morfológica possui uma extensão de 150 km de Sines até Lagos, constituindo uma banda estreita com uma largura de cerca de 3 km imediatamente a norte de Odeceixe e de 8 km a este do Cabo Sardão. Na costa ocidental a plataforma litoral mantém a sua uniformidade como uma superfície plana, suavemente inclinada para o mar, que em alguns locais é uma superfície horizontal aproximadamente à cota de 130 m de altitude. Na costa meridional a plataforma litoral encontra-se mais baixa, com altitudes compreendidas entre 40 e 100 m (Pereira, 1990).



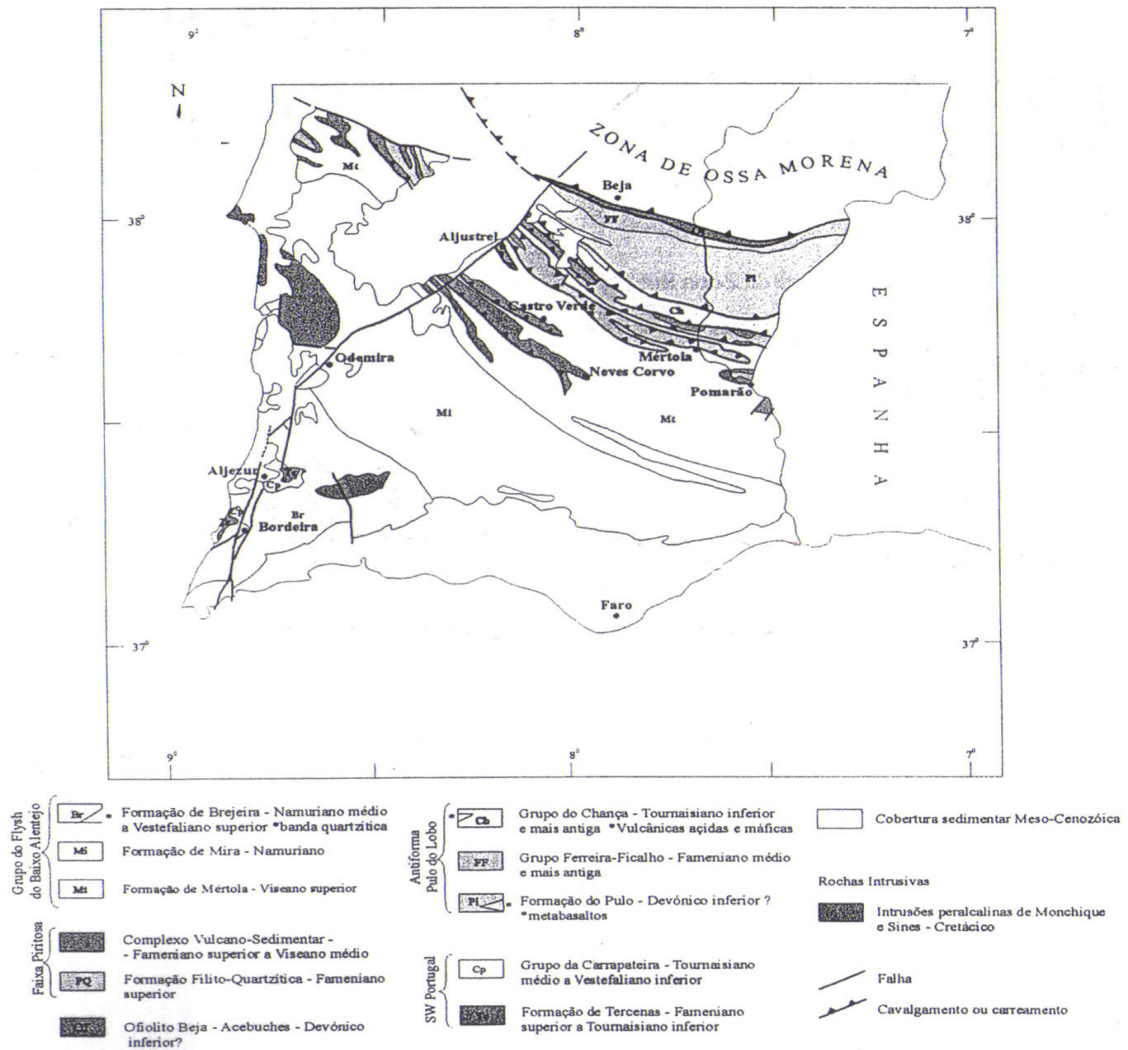
**Figura 2.2** – Elementos morfológicos da costa ocidental da área estudada. Índices da legenda no interior da figura: a - plataforma litoral; b - principais entalhes; c/d - rebordos tectónicos; e - praias; f - arribas (com comando, de um modo geral, maior para Sul, 1 - <50m; 2 - 50-100 m; 3 - >100m); g - relevos tectónicos e/ou de dureza; h - áreas marginais (adaptado de Pereira, 1990).

O litoral estudado é essencialmente constituído por arribas rochosas intercaladas por praias encastradas, ou cordões arenosos associados à foz das ribeiras.

#### 2.4. ENQUADRAMENTO GEOLÓGICO

A região do Algarve é constituída, do ponto de vista morfoestrutural pelo Maciço Antigo, à qual pertence a Zona Sul Portuguesa (fig. 2.3), e pela Orla Sedimentar Meridional (Ribeiro *et al.*, 1979).

Na área estudada, a Zona Sul Portuguesa (ZSP) está representada pelos sectores do Sudoeste e do Grupo do Flysch do Baixo Alentejo. O Sector Sudoeste da ZSP é dominado pelas estruturas em antiforma da Bordeira e Aljezur. Litoestratigraficamente, este sector apresenta da base para o topo a Formação de Tercenas do Devónico Superior e o Grupo da Carrapateira do Carbónico Inferior a Superior (Oliveira *et al.*, 1984).



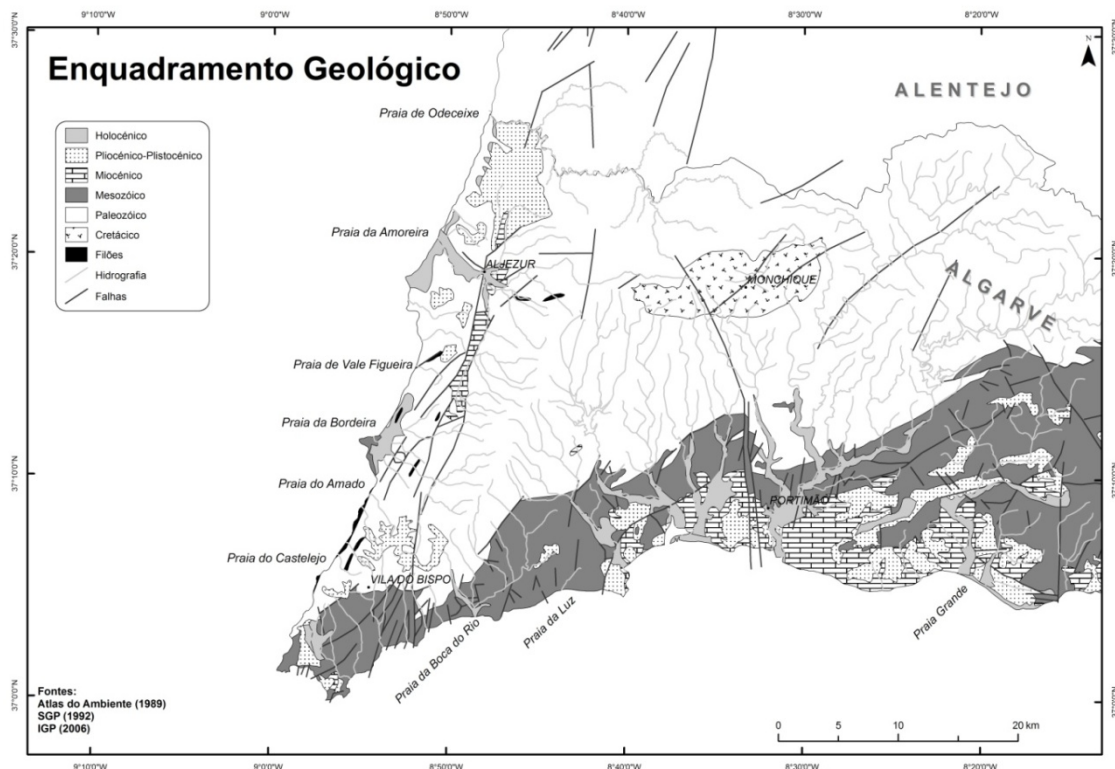
**Figura 2.3** – Mapa geológico simplificado da Zona Sul Portuguesa (adaptado de Oliveira *et al.*, 1991).

A Formação de Tercenas é constituída por alternâncias rítmicas de xistos, siltitos e arenitos bioturbados. O Grupo da Carrapateira é constituído pelas formações metasedimentares de Bordalete, Murração e de Quebradas, respectivamente do Tournaisiano, Viséano-Namuriano e Namuriano. No conjunto, este grupo é constituído por xistos, calcários

margosos, calcários dolomíticos e xistos negros piritosos (Oliveira *et al.*, 1984). O Grupo do Flysch do Baixo Alentejo é constituído por três Formações: Mértola, Mira e Brejeira. No seu conjunto correspondem a uma sequência turbidítica constituída por grauvaques, pelitos e alguns conglomerados intercalados, com todas as características de um depósito do tipo flysch. A Formação de Mértola do Viséano superior é constituída por intercalações de pelitos, siltitos e grauvaques. Os fragmentos de rochas têm, na sua maioria, composição petrográfica muito semelhante ao tipo petrográfico das formações pertencentes à Faixa Piritosa Ibérica (Oliveira *et al.*, 1984). A Formação de Mira, do Namuriano, possui também características turbidíticas, sendo a sua principal característica a dominância de turbiditos finamente estratificados com baixa relação areia/argila. A Formação da Brejeira pertence ao Namuriano Médio-Vestefaniano Inferior, sendo a única Formação do grupo do Flysch do Baixo Alentejo que aflora na área em estudo. A Formação da Brejeira é constituída por turbiditos com características sedimentológicas variáveis de nordeste para sudoeste, desde quartzitos impuros com uma relação areia/argila relativamente elevada e pelitos, a quartzitos mais grauvacoides onde a relação areia/argila vai diminuindo. O limite entre a Formação da Brejeira e a Formação do Mira é o limite litoestratigráfico coincidente com o aparecimento dos primeiros quartzitos da Formação da Brejeira (Oliveira *et al.*, 1984).

A Orla Sedimentar Meridional é constituída pela bacia de sedimentação de idade Meso-Cenozoica denominada de Bacia do Algarve (Dias, 2001). A Bacia do Algarve possui orientação este-oeste, uma extensão de 150 km, com um preenchimento sedimentar de cerca de 3000 m (Manuppella, 1988). Na área em estudo (fig. 2.4) a largura desta é mínima. A unidade mais antiga assenta em discordância angular sobre o Grupo do Flysch do Baixo Alentejo, tendo sido designada por Choffat (1887) como Complexo do Grés de Silves e posteriormente dividida em diversas sub-unidades, nomeadamente o Arenito de

Silves, o Complexo Pelítico-Carbonato-Evaporítico de Silves, e o Complexo Vulcano Sedimentar e Dolomitos em Plaquetas (Manuppella *et al.*, 1992). O Complexo do Grés de Silves inicia-se com o Arenito de Silves que consiste em conglomerados, microconglomerados, arenitos e argilitos. No topo passa a uma fácies de transição de pelitos, carbonatos e evaporitos que constituem o Complexo Pelítico Carbonato-Evaporítico de Silves. O ciclo sedimentar termina com o Complexo Vulcano Sedimentar e Dolomitos em Plaquetas, representado por basaltos toleíticos, brechas, tufo vulcânicos e dolomitos (Oliveira *et al.*, 1984). No seu estudo aprofundado sobre o Grés de Silves, Palain (1976) não efectuou um estudo detalhado e sistemático relativamente aos MP porque constatou que a percentagem em peso da fracção correspondente aos MP era muito variável à escala dos afloramentos tanto horizontal como verticalmente, não apresentando qualquer relação entre unidades estratigráficas. As espécies identificadas por Palain (1976) foram: turmalina, zircão, monazite, apatite, anatase, rútilo, andaluzite, silimanite e granada.



**Figura 2.4** – Enquadramento geológico pormenorizado da área de estudo.

A partir do Jurássico Inferior até ao Cretácico Superior formaram-se rochas essencialmente carbonatadas, com carácter dolomítico ou margoso, que afloram em vários locais da área de estudo (fig. 2.4) (Oliveira *et al.*, 1984). Durante o Cretácico Superior instalaram-se inúmeras rochas básicas bem como o maciço de Monchique, os quais serão abordados posteriormente.

Na área estudada (fig. 2.4) afloram também diversas formações do Miocénico, representadas por unidades detrítico-carbonatadas, areias, argilitos e margas, pertencentes à Formação de Lagos-Portimão (Dias, 2001). As cascalheiras, terraços fluviais, alguns tufos calcários, areias de dunas consolidadas, depósitos de praias antigas, areias de duna, aluviões e areias de praias actuais são atribuídas ao Quaternário (Manuppella *et al.*, 1992).

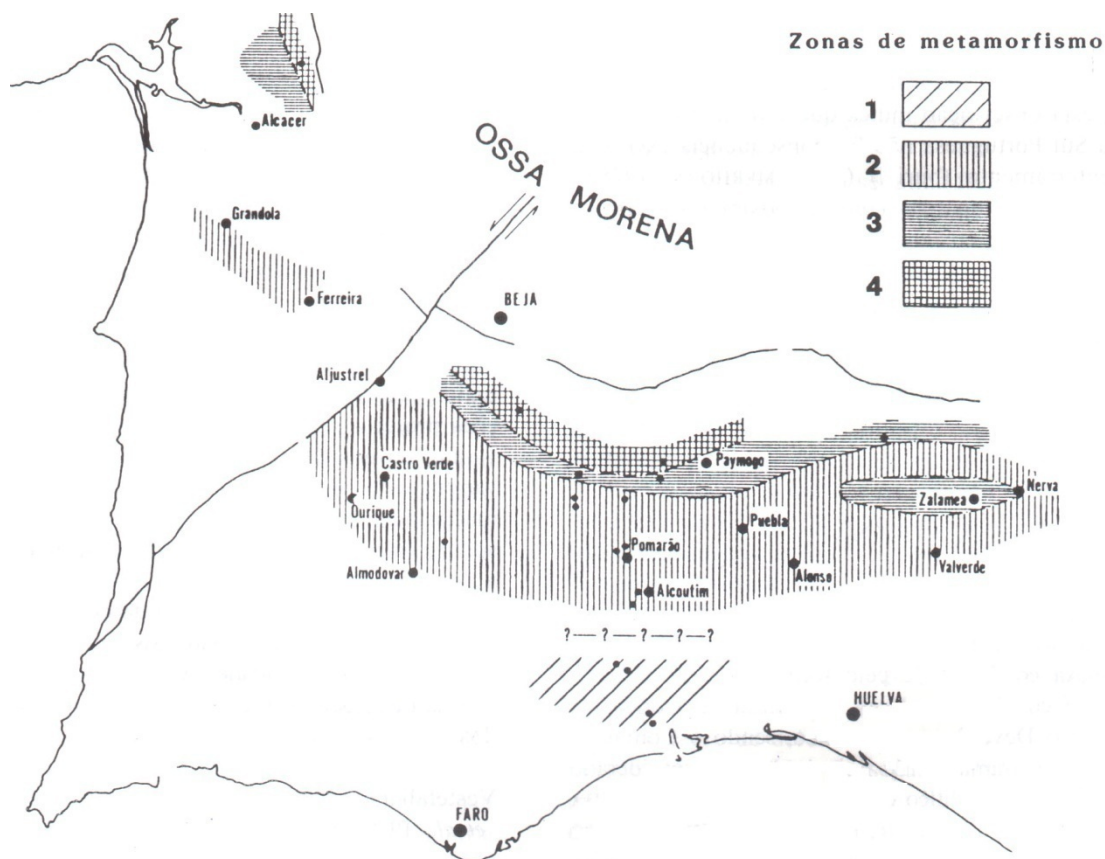
Como já referido, durante o Cretácico Superior (ca. 72 Ma) instalou-se o Maciço Alcalino de Monchique com todo o seu cortejo filoneano associado (González-Clavijo & Valadares, 2003). Apesar de existir uma grande heterogeneidade litológica no maciço, este é classificado como sienito nefelínico em 90% da sua área (Rock, 1983; González-Clavijo & Valadares, 2003). No maciço foram identificados os seguintes MP: titanite, augite, hornblenda, magnetite, apatite, melanite, pirite, turmalina, ilmenite e epidoto (Sousa, 1926; Pereira, 1940; Kraatz-Koschlau & Hackman, 1967; Santos, 1973; Rock, 1983; González-Clavijo & Valadares, 2003). Estão associados ao Maciço de Monchique diversos tipos de filões. No interior do maciço predominam filões de lamprófiros alcalinos, nomeadamente camptonitos, sanaítos e monchiquitos (Rock, 1983). No entanto, vários outros filões pegmatíticos com diferentes composições, mas de pequena expressão, foram identificados por Sousa (1926).

Nos filões estudados na região de Vila do Bispo, a augite é o mineral mais abundante, ocorrendo também olivina e anfíbolos de cores castanhas (kaersutite) (Rocha *et al.*, 1979).

Na zona da Bordeira estão identificados filões toleíticos e alcalinos (Ribeiro *et al.*, 1987). Os filões toleíticos apresentam augite, olivina sempre alterada, magnetite e biotite. Os filões alcalinos apresentam augite titanífera, anfíbola castanha (kaersutite), olivina muito alterada, magnetite, titanomagnetite, apatite e titanite (Ribeiro *et al.*, 1987).

## **2.5. METAMORFISMO**

O processo metamórfico na ZSP deverá ter atingido a sua intensidade máxima durante e após a orogenia Hercínica (Oliveira *et al.*, 1984; McCornack, 1998; McCornack *et al.*, 2006), podendo ser definidas quatro zonas metamórficas (fig. 2.5) (Munhá, 1983). O grau de metamorfismo aumenta de sul para norte. No extremo sul ocorrem fácies zeólíticas (zona 1), passando pela fácies prenite-pumpelite/xistos verdes inferiores na Faixa Piritosa (zona 2 e 3), até à fácies dos xistos verdes na Formação do Pulo do Lobo (zona 4) (fig. 2.5) (Munhá, 1983). Na área estudada apenas afloram rochas da zona 1, de fácies zeólíticas, correspondentes a condições de metamorfismo regional de baixo grau. Afloram ainda rochas de metamorfismo de contacto, resultantes da intrusão do Maciço de Monchique que será de seguida abordado.



**Figura 2.5** – Zonamento metamórfico na Zona Sul Portuguesa. Zona 1- fácies zeolítica; Zona 2 e 3-fácies prenite-pumpelite xistos verdes; Zona 4 - fácies dos xistos verdes (Munhá, 1983).

A intrusão do maciço sienítico de Monchique provocou um metamorfismo de contacto nas rochas encaixantes, originando uma orla de metamorfismo na ordem dos 200 m em torno do maciço (Gonçalez-Clavijo & Valadares, 2003). Devido à alternância de camadas de xistos e grauvaques e à susceptibilidade das rochas à acção do contacto, as litologias resultantes do metamorfismo de contacto não são uniformes. Desta forma, por acção directa do metamorfismo de contacto, formaram-se corneanas. Em certos locais, onde os xistos foram protegidos do contacto com o sienito por grauvaques formaram-se xistos mosqueados. Dos principais litotipos de metamorfismo de contacto destacam-se as corneanas andaluzíticas constituída por uma associação halocristalina onde predomina: andaluzite de cor clara; rútilo de coloração acastanhado a cinzento amarelado, quase sempre em hábito prismático, pequenas dimensões e frequentes geminações em forma de

joelho ou coração; zircão em grânulos ovais; apatite em prismas de pequenas dimensões; e turmalina em formas prismáticas (Kraatz-Koschlau & Hackman, 1967). No xisto mosqueado ocorre zircão, turmalina frequentemente em prismas, e rútilo em pequenos cristais de cor castanho acinzentados ou amarelo castanho mas numa distribuição mais uniforme que no xisto inalterado pelo metamorfismo de contacto (Kraatz-Koschlau & Hackman, 1967).

## **2.6. SEDIMENTOS DA PLATAFORMA CONTINENTAL**

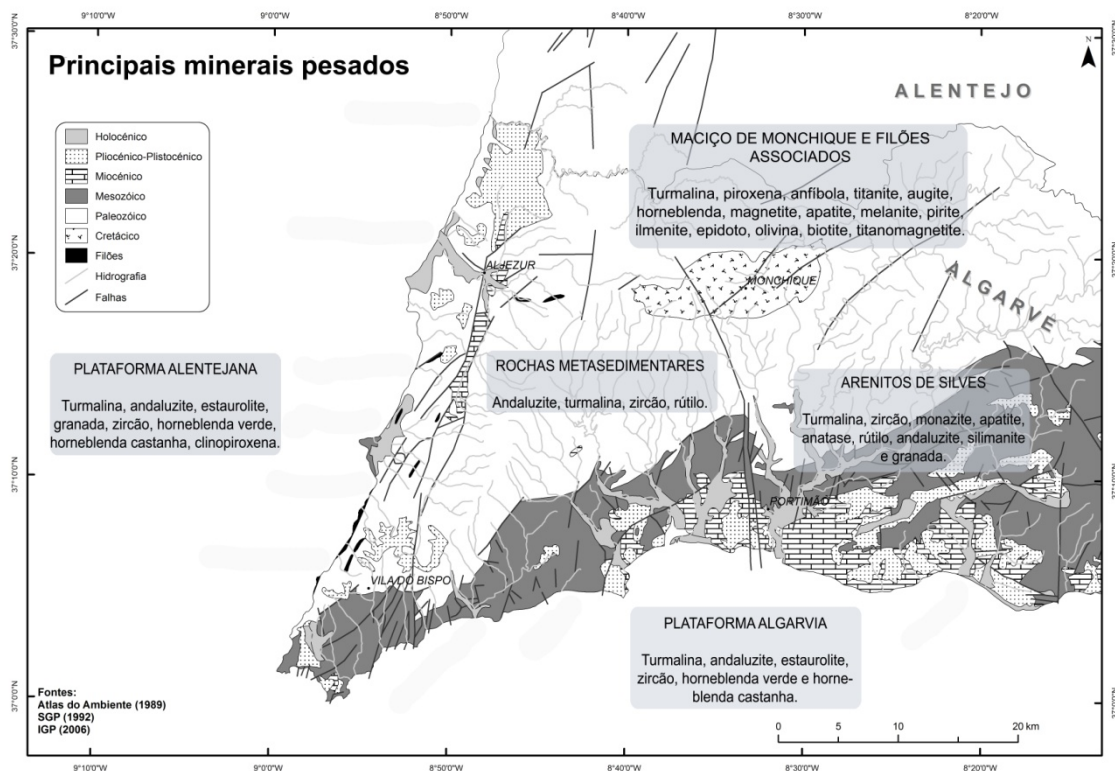
A plataforma continental que bordeja a área em estudo é dividida a oeste pela Plataforma Alentejana e a sul pela Plataforma Algarvia. No geral, os MP na plataforma Alentejana constituem entre 0,3 e 4 % da componente terrígena. Na área de estudo os valores mais elevados (> 2 %) encontram-se associados à ribeira de Odeceixe (Cascalho *et al.*, 1994). Segundo Cascalho *et al.* (1994), neste sector, a assembleia de MP é constituída principalmente por turmalina, andaluzite, estauroлите, granada, zircão, horneblenda verde, horneblenda castanha e clinopiroxena. Na Plataforma Algarvia os MP ocorrem quase sempre em fracções inferiores a 1 %, atingindo no entanto valores na ordem dos 2 % em frente à Praia de D. Camila em Lagos, e superiores a 3 % na foz do rio Arade (Moita, 1986). Foram identificados na plataforma Algarvia os principais MP: turmalina, andaluzite, estauroлите, zircão, aegirina, horneblenda verde e horneblenda castanha (Cascalho & Carvalho, 1991).

## **2.7. CONSIDERAÇÕES SOBRE A ÁREA DE ESTUDO**

Os estudos publicados sobre as diferentes litologias que afloram na área de estudo, focam essencialmente o carácter estratigráfico das mesmas. Quando existem estudos mineralógicos estes enfatizam as espécies minerais mais comuns, excepção feita ao maciço sienítico de Monchique e filões associados.

Das possíveis fontes de sedimento disponíveis, particularmente em relação aos MP, o maciço de Monchique e os filões associados encontram-se provavelmente a contribuir com minerais que estão a entrar pela primeira vez no ciclo sedimentar. Pelo contrário, as rochas sedimentares e metasedimentares existentes estarão provavelmente a contribuir com minerais provenientes de ciclos sedimentares prévios e/ou minerais neoformados nas linhas de água. Os sedimentos da cobertura da plataforma continental, provenientes de vários ciclos sedimentares e com diferentes graus de maturação, também poderão estar a contribuir para o fornecimento das praias e preenchimento dos estuários.

Atendendo ao exposto, são várias as fontes que poderão contribuir actualmente para a composição em MP dos sedimentos actuais das praias e ribeiras (fig. 2.6).



**Figura 2.6** – Principais minerais pesados descritos na bibliografia existente para a área de estudo e que poderão integrar os sedimentos actuais das praias e ribeiras.

### 3. METODOLOGIA

A primeira abordagem neste trabalho consistiu na análise das bacias hidrográficas das várias ribeiras a amostrar. Este estudo foi necessário para verificar quais as formações geológicas que são drenadas pelas bacias em cada local da rede de drenagem, e de que forma a rede de drenagem poderá contribuir para o abastecimento sedimentar das praias. Estas informações foram obtidas através da digitalização das linhas de água das cartas militares 1:50 000 (nº 568, 569, 576, 577, 578, 584, 585, 586, 593, 594, 602 e 603) e da folha nº 7 da carta geológica 1:200 000 utilizando o programa ArcGis 9 e posteriormente processadas no programa Excel.

#### 3.1. AMOSTRAGEM

De acordo com os objectivos propostos para o presente trabalho foram analisadas um total de 40 amostras. Destas, 11 correspondem a sedimentos de praias, 28 de ribeiras e 1 ao maciço de Monchique (tab. 3.1, fig. 3.1, anexo I).

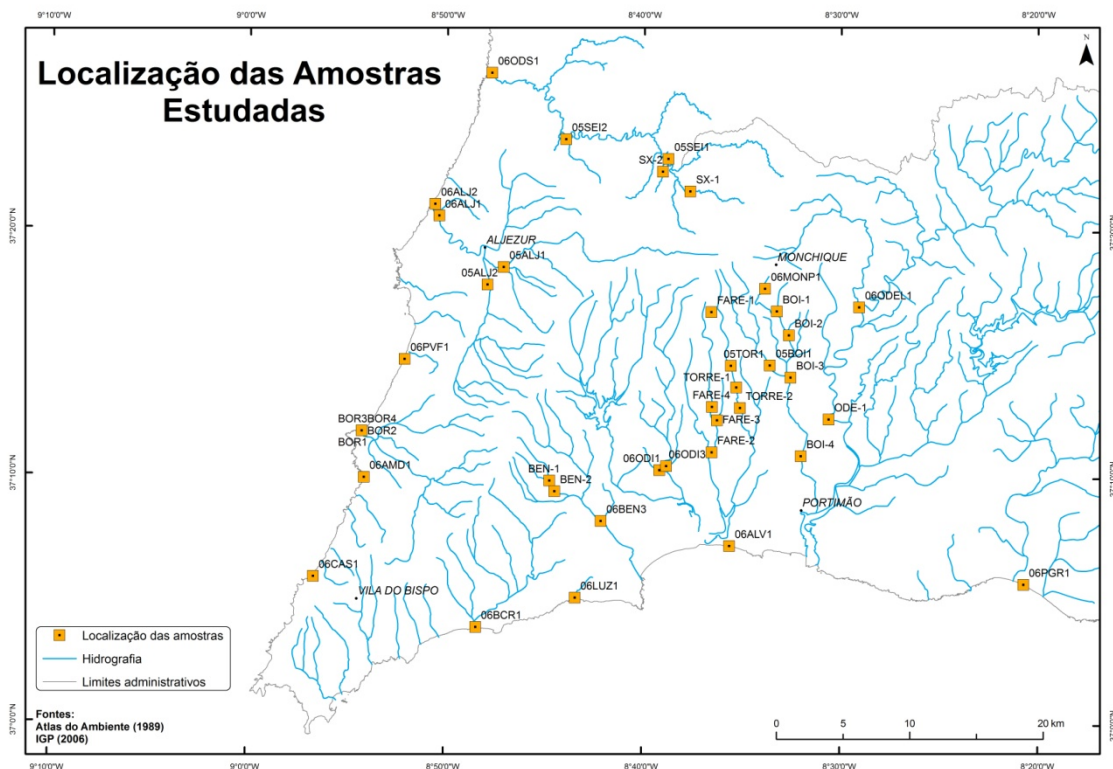


Figura 3.1- Localização das 40 amostras estudadas.

**Tabela 3.1** – Designação das amostras e local de amostragem dos pontos da fig. 3.1.

<u>Amostra</u>	<u>Local de amostragem</u>	<u>Amostra</u>	<u>Local de amostragem</u>
06MONP1	Pedreira de Monchique	SX-1	Ribeira de Seixe
BEN-1	Ribeira de Bensafrim	SX-2	Ribeira de Seixe
BEN-2	Ribeira de Bensafrim	05SEI1	Ribeira de Seixe
06BEN3	Ribeira de Bensafrim	05SEI2	Ribeira de Seixe
BOI-1	Ribeira de Boina	BOR1	Praia da Bordeira
BOI-2	Ribeira de Boina	BOR2	Praia da Bordeira
BOI-3	Ribeira de Boina	BOR3	Ribeira da Bordeira
BOI-4	Ribeira de Boina	BOR4	Ribeira da Bordeira
05BOI1	Ribeira de Boina	05ALJ1	Ribeira de Aljezur
FARE-1	Ribeira de Farelo	05ALJ2	Ribeira de Aljezur
FARE-2	Ribeira de Farelo	06ALJ1	Ribeira de Aljezur
FARE-3	Ribeira de Farelo	06ALJ2	Praia da Amoreira
FARE-4	Ribeira de Farelo	06ODS1	Praia de Odeceixe
TORRE-1	Ribeira da Torre	06PVF1	Praia de Vale Figueiras
TORRE-2	Ribeira da Torre	06AMD1	Praia do Amado
05TOR1	Ribeira da Torre	06CAS1	Praia do Castelejo
06ODI1	Ribeira de Odiáxere	06BCR1	Praia da Boca do rio
06ODI3	Ribeira de Odiáxere	06LUZ1	Praia da Luz
ODE-1	Ribeira de Odelouca	06PGR1	Praia Grande
06ODEL1	Ribeira de Odelouca	06ALV1	Praia do Alvor

Os locais de amostragem nas ribeiras foram seleccionados considerando linhas de água de bacias que drenam litologias cuja composição mineralógica se encontra descrita na bibliografia, ou na confluência entre linhas de água que drenam diferentes litologias. Os locais de amostragem de areais de praia foram seleccionados de modo a cobrir praias na desembocadura das ribeiras estudadas e praias que não sofressem influência directa de ribeiras. Atendendo aos objectivos propostos, tanto nas praias como nas ribeiras as amostras foram recolhidas em locais onde a hidrologia local favorecesse a deposição de MP. Os sedimentos foram recolhidos com uma pá em quantidades aproximadas de 10 kg por amostra. Para ser possível efectuar um estudo do conteúdo em MP de uma possível rocha-mãe, foi recolhida uma amostra de sienito nefelínico numa pedreira que lavra actualmente no maciço de Monchique.

## **3.2. ANÁLISE LABORATORIAL**

O trabalho laboratorial foi dividido em três fases. A primeira fase consistiu na preparação das amostras e na concentração e separação de MP. A segunda fase consistiu na observação e identificação dos MP existentes em cada amostra. A última fase consistiu na confirmação da composição de alguns dos minerais observados através da utilização de um espectrómetro de raios-X acoplado a um microscópio electrónico. Nesta última fase foi também possível utilizar a catodoluminescência de zircões detriticos para observar os seus padrões de crescimento e indagar sobre possíveis origens.

### **3.2.1. PREPARAÇÃO DAS AMOSTRAS, CONCENTRAÇÃO E SEPARAÇÃO DOS MINERAIS PESADOS**

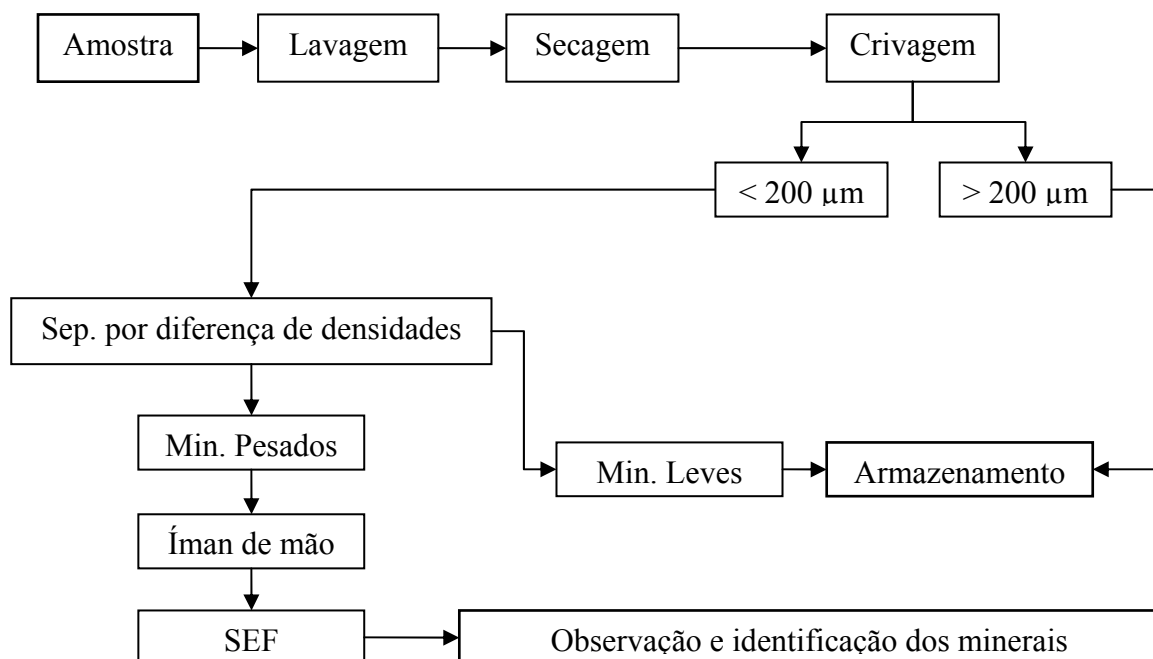
Após a amostragem, os sedimentos foram sujeitos a uma lavagem em água corrente com a finalidade de eliminar sais, matéria orgânica e sedimentos finos. Depois de secos numa estufa a 40 °C os sedimentos foram crivados na Universidade do Algarve (UALG) (fig. 3.2).

Os diâmetros exactos em que os MP devem ser estudados não se encontram rigidamente estabelecidos, mas encontram-se aproximadamente compreendidos nas classes de areia fina (125 a 250  $\mu\text{m}$ ) e de areia muito fina (63 a 125  $\mu\text{m}$ ) (Suguio, 2003). Considerando que os sedimentos finos foram eliminados durante a lavagem, foi efectuada uma separação granulométrica para recuperar os sedimentos com uma dimensão inferior a 200  $\mu\text{m}$ , aproximando-se do intervalo sugerido por Müller (1967) de 63 a 200  $\mu\text{m}$ . Para prevenir contaminações entre amostras foi construído um crivo de 200  $\mu\text{m}$  para cada amostra. Os sedimentos com um diâmetro superior a 200  $\mu\text{m}$  foram armazenados. Os sedimentos com um diâmetro inferior a 200  $\mu\text{m}$  foram recolhidos para serem separados por diferença de densidades na UALG (fig. 3.2).

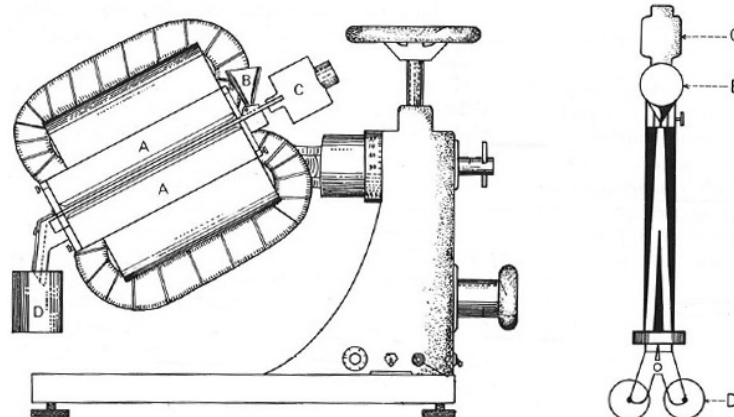
A separação de minerais por diferença de densidades consiste na inserção dos minerais num líquido com uma densidade definida e conhecida. Os minerais com uma densidade superior à do líquido depositam-se no fundo e denominam-se de “minerais pesados”. Os minerais menos densos que permanecem à superfície do líquido denominam-se de “minerais leves”. Atendendo aos objectivos deste trabalho foi seleccionado para efectuar a separação por diferença de densidades o di-iodo-metano ( $\text{CH}_2\text{I}_2$ ), ou Iodeto de Metileno (IM). O IM possui uma densidade de  $3,32 \text{ g.cm}^{-3}$  à temperatura de  $20^\circ \text{ C}$ , é miscível em benzeno, tetracloreto de carbono, álcool e acetona. O facto de o IM ser miscível permite a sua reciclagem após a lavagem dos sedimentos e do material por um dos solventes referidos. Os minerais leves recolhidos por este método, foram armazenados e os MP foram sujeitos posteriormente a uma separação magnética (fig. 3.2).

A separação magnética dos minerais tem em conta a susceptibilidade magnética de cada mineral. A susceptibilidade magnética é característica de cada material, estando esta relacionada com a sua estrutura atómica e molecular (*e.g.* Carvalho, 2005). Crook (1907) considerou 4 classes de minerais magnéticos: minerais fortemente magnéticos, moderadamente magnéticos, pouco magnéticos e não magnéticos ou diamagnéticos. Para separar os minerais fortemente magnéticos foi usado um íman permanente de mão. Os MP foram espalhados sobre uma superfície e o íman foi passado lentamente sobre os minerais sem que este os tocasse. Os minerais fortemente magnéticos que aderiram ao íman foram recolhidos e armazenados. A operação foi repetida o número de vezes necessárias até que mais nenhum mineral aderisse ao íman. Esta fase foi essencial para ser possível executar a separação electromagnética sem que os minerais “entupissem” o aparelho. A separação electromagnética foi executada utilizando o separador electromagnético Frantz (SEF) da Universidade de Aveiro. Neste aparelho, os minerais são colocados a deslizar numa calha vibrante a partir de um funil de alimentação situado antes do electroíman (fig. 3.3). Esta

calha é dividida a meio do percurso em dois sulcos. Para um dos sulcos vão ser encaminhados os minerais paramagnéticos, para o outro os minerais com uma susceptibilidade menor ou diamagnéticos. Estas duas fracções são recuperadas em diferentes copos na extremidade da calha. Para facilitar a separação das diferentes espécies minerais a inclinação vertical e lateral da calha pode variar. Utilizando este aparelho os minerais foram sujeitos a diferentes campos magnéticos sucessivamente mais elevados (0,2 A, 0,5 A, 0,7 A, 1,0 A e 1,4 A ), com uma inclinação vertical da calha de 15° e lateral de 10°. A utilização de várias amperagens permite separar os minerais de acordo com as suas susceptibilidades magnéticas teóricas (anexo II). Os minerais não magnéticos ou praticamente não magnéticos foram sujeitos a um campo magnético máximo do aparelho (1,4 A) com uma variação lateral da calha (5°, 3°, 2°, 1°, 0°, -1/2°). Os minerais recolhidos em cada fracção foram armazenados em frascos de vidro para posterior observação.



**Figura 3.2** – Sequência da primeira fase dos trabalhos laboratoriais desde a amostragem até à observação e identificação dos minerais (Sep.: Separação; Min.: Minerais; SEF: Separador electromagnético Frantz).



**Figura 3.3** - Vistas lateral e em planta de um separador electromagnético Frantz. A-íman; B-Funíl; C-Oscilador; D-Copo receptor. (adaptado de Parfenoff *et al.*, 1970)

### 3.2.2. OBSERVAÇÃO DOS MINERAIS

Para a análise e identificação dos minerais em grão utilizam-se critérios diagnósticos tais como a cor, forma, hábito, relevo, morfoscopia, morfometria, brilho, clivagem, fractura e tenacidade (Parfenoff *et al.*, 1970). A maioria destes critérios é variável numa única espécie mineral, ou semelhantes entre diferentes espécies. No entanto, uma análise do conjunto dos critérios diagnósticos permite, normalmente, efectuar uma identificação correcta.

Em estudos clássicos os MP são geralmente fixos em lâminas e observados directamente ao microscópio polarizante, onde se procede então à sua identificação e contagem. No entanto, no presente trabalho, os minerais de cada fracção recolhida no separador electromagnético Frantz (SEF) foram colocados em diferentes caixas petri e imersos em álcool para melhorar a qualidade óptica relativamente ao ar e serem manipulados facilmente (Corfu *et al.*, 2003). A observação dos minerais foi efectuada na Universidade do Algarve através de uma lupa binocular de marca Olympus modelo SZX7. Observar à lupa binocular os minerais imersos em álcool, sem que estejam fixos, possui as vantagens

de ser possível analisar o estado da superfície do mineral, a dureza, o brilho, e o relevo. Este tipo de observação também torna possível manusear os grãos individualmente e de recolher os espécimes mais interessantes para outro tipo de análises (Parfenoff *et al.*, 1970). A principal desvantagem deste método reside na impossibilidade de analisar algumas propriedades ópticas dos minerais que facilitam a sua identificação (alongamento, birrefringência, extinção, sinal óptico). Assim, para facilitar a identificação dos minerais à lupa binocular, é de extrema importância a utilização do SEF. Com a sua utilização e com o auxílio de tabelas de referência (anexo II) é possível saber quais são os minerais que podem ser encontrados em cada fracção atraída no SEF.

A abundância de cada espécie mineral foi avaliada semi-qualitativamente. Para tal foram considerados as espécies minerais em cada uma das fracções recolhidas no SEF a partir de 0,5 A (anexo II). Para cada um dos minerais observados em cada amostra foram estabelecidas 5 classes (tabela 3.2): Não Observado, Muito Raro, Raro, Comum e Abundante. A classe “Abundante” corresponde a uma quantidade relativa superior a 50 % da espécie mineral identificada; a classe “Comum” a uma quantidade relativa entre 25 % e 50 %; a classe “Raro” a uma quantidade relativa entre 5 % e 25 %; a classe “Muito Raro” à existência da espécie mineral de difícil observação, ou seja uma quantidade relativa até 5 %; a classe “Não observado” quando não foi observado nenhum mineral da espécie considerada.

**Tabela 3.2** – Intervalo em percentagem para cada uma das classes estabelecidas para a avaliação semi-qualitativa.

Classe	%
Não observado	0
Muito raro	< 5
Raro	5 -25
Comum	25 - 50
Abundante	> 50

### **3.2.3. ANÁLISE POR RAIOS-X E CATODOLUMINESCÊNCIA**

Os minerais que suscitaram dúvidas na sua identificação, ou que a mesma necessitava de ser confirmada, foram seleccionados para serem analisados por raios-X nos laboratórios do GEOTOP, em Montréal. A fonte e o detector de raios-X encontram-se acoplados a um microscópio electrónico de varrimento (MEV) de marca HITACHI S-4300SE/N. Foi assim possível obter também imagens dos grãos minerais analisados. Os minerais para análise de raios-X foram dispostos num disco de alumínio e fixos com uma película de cola. Para determinar que mineral se tratava, foram comparados os espectros de raios-X obtidos com os existentes na bibliografia (Reed, 1996), e efectuadas reconstruções estequiométricas através da percentagem química elementar obtida (apêndice I). Além de um detector de raios-X, o MEV possui ainda um detector de catodoluminescência que foi utilizado para analisar alguns grãos de zircões detríticos seleccionados. Foram seleccionados os grãos de zircão de maior dimensão, incolores, sem fracturas nem inclusões. A preparação dos zircões para a catodoluminescência consistiu na sua montagem em resina, polimento até os grãos ficarem com o seu maior eixo exposto na superfície da resina e posterior cobertura por uma película de carbono.

### **3.3. OBSERVAÇÕES SOBRE AS METODOLOGIAS UTILIZADAS**

Existem alguns aspectos na metodologia utilizada que devem ser salientados. Relativamente à quantidade de material amostrado este nem sempre foi o ideal, devido à granulometria média de algumas amostras ser superior a 200  $\mu\text{m}$ , diminuindo a quantidade de minerais que puderam ser observados após a crivagem. Para resolver esse problema a crivagem deveria ter sido efectuada sempre que possível *in situ*. Outro aspecto refere-se ao intervalo seleccionado para o estudo dos MP, para o qual deveria ter sido também considerada a fracção superior a 200  $\mu\text{m}$ . O uso de um único crivo de 200  $\mu\text{m}$  revelou-se

suficiente porque na lavagem dos sedimentos foram eliminados praticamente todos os sedimentos finos. Relativamente ao líquido denso escolhido para efectuar a separação por diferença de densidades (iodeto de metileno), este possui uma densidade mais elevada ( $3,32 \text{ g.cm}^{-3}$ ) do que o valor a partir do qual está estabelecido que os minerais se classificam como “pesados” ( $2,8 \text{ g.cm}^{-3}$ ). Motivo pelo qual as espécies de MP com uma densidade entre os  $2,8$  e os  $3,32 \text{ g.cm}^{-3}$ , ou que possuem uma densidade variável de acordo com a sua composição, não foram observadas ou foram subavaliadas. A turmalina é um exemplo de um mineral que possui uma grande variedade de composições e, conseqüentemente, de densidades, que pode ter sido subavaliado.

Não obstante das limitações referidas, a metodologia adoptada revelou-se adequada para os objectivos propostos no presente trabalho.

#### **4. IDENTIFICAÇÃO DE MINERAIS PESADOS**

Neste capítulo são descritas as espécies minerais observadas, as suas características principais, ocorrência nas amostras observadas e distribuição espacial. As características apresentadas foram extraídas de Dana & Ford, (1932), Parfenoff *et al.* (1970), Deer *et al.*, (1992), Klein & Hurlbut, (1993) e Pereira *et al.* (2005), sendo apresentadas unicamente as mais importantes para a identificação dos minerais em grãos pela técnica utilizada. Com o objectivo de elaborar um pequeno atlas dos MP existentes nas areias de praias e nas ribeiras do Algarve Ocidental, que possa servir de referência para futuros trabalhos, a descrição é acompanhada, sempre que possível, por ilustrações e imagens fotográficas convencionais ou obtidas através do microscópio electrónico.

##### **4.1. MINERAIS IDENTIFICADOS**

A apresentação dos minerais segue a mesma ordem apresentada por Cascalho (2000). Em primeiro lugar apresentam-se os minerais observados pertencentes ao grupo dos silicatos, mas com uma estrutura simples: zircão, titanite, granada (almandina), estaurolite, andaluzite e cianite. Seguem-se os de estrutura mais complexa: epídoto, turmalina, piroxena (augite) e anfíbola (horneblenda). De seguida apresentam-se os óxidos: corindo, ilmenite, rútilo, anatase, ganite, magnetite e cromite. Por último apresenta-se a apatite, pertencente ao grupo dos fosfatos.

#### 4.1.1. ZIRCÃO ( $ZrSiO_4$ )

**Tabela 4.1** – Características do zircão

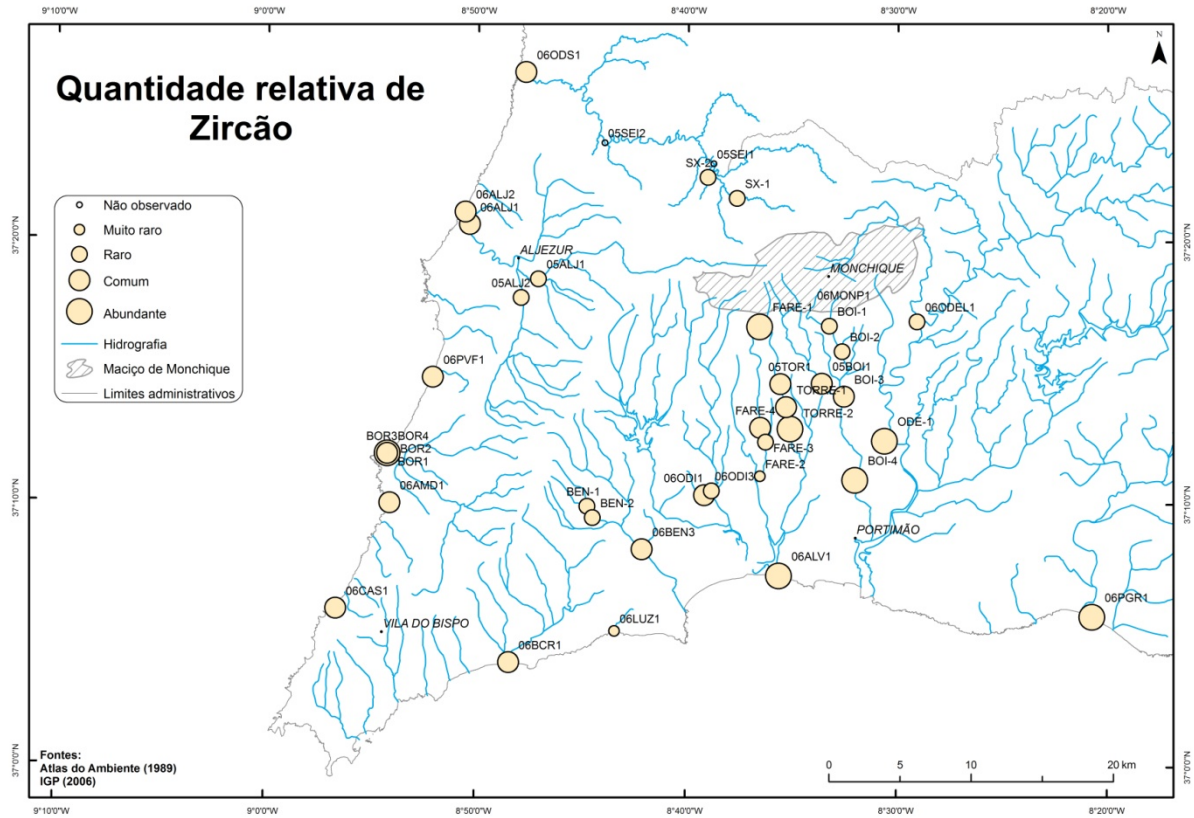
---

Sistema	Tetragonal
Forma mais comum	Frequente em prismas bipiramidais e raramente em bipirâmides
Clivagem	Pouco visível
Fractura	Concooidal
Dureza	7,5
Gravidade específica	4,6
Brilho	Vítreo, adamantino
Cor	Incolor, podendo apresentar cores castanha, rosa ou amarela
Pleocroísmo	Muito fraco
Propriedades Magnéticas	Não atraído ao separador electromagnético Frantz

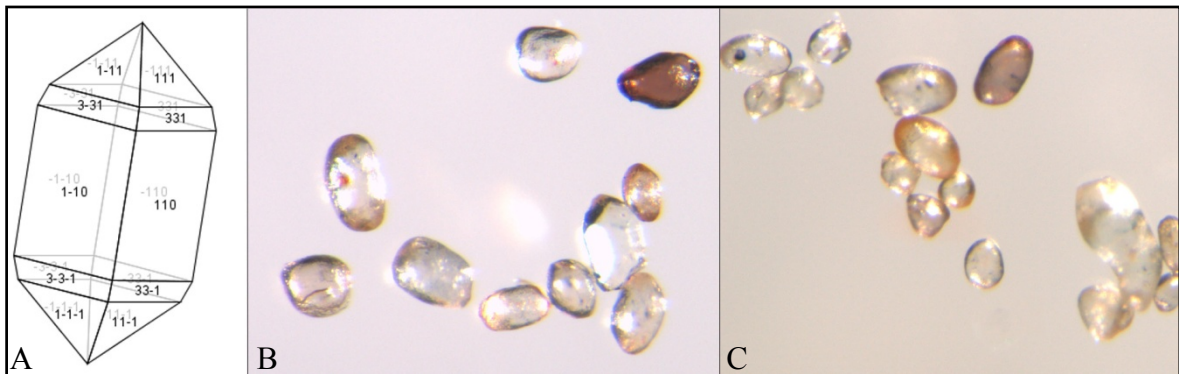
---

O zircão é um mineral acessório comum nas rochas ígneas, particularmente em granitos, granodioritos e sienitos, podendo também ocorrer em rochas metamórficas. Devido à sua elevada resistência à meteorização ocorre com bastante frequência em sedimentos detríticos. São características que facilitam a sua identificação a elevada dureza, relevo muito elevado e o facto de não ser atraído ao SEF (tab. 4.1).

Na área em estudo existem diferentes fontes possíveis de zircão, (p. ex. o maciço de Monchique e a Formação da Brejeira) o que pode explicar a distribuição bastante homogénea do zircão nas amostras observadas (fig. 4.1). O zircão é comum na maioria das amostras observadas. Os espécimes de zircão observados (fig. 4.2) apresentam uma grande variedade de formas, desde bem arredondados a euédricos, de hábitos aciculares bipiramidados com prismas bem definidos ou mesmo sem prismas. As diferentes formas ocorrem em simultâneo nas ribeiras. Já nas praias dominam os grãos arredondados a subarredondados.



**Figura 4.1** – Mapa da quantidade relativa de zircão nas amostras observadas.



**Figura 4.2** – A) Hábito cristalino do zircão (adaptado de webmineral, 2007); B e C) Fotografias de zircões da Praia da Bordeira observados à lupa binocular (todos os grãos possuem uma dimensão inferior a 200  $\mu\text{m}$ ).

#### 4.1.2. TITANITE (CaTiSiO<sub>5</sub>)

**Tabela 4.2 – Características da titanite.**

Sistema	Monoclínico
Forma mais comum	Minerais achatados em forma de cunha
Clivagem	Não visível
Fractura	Concooidal
Dureza	5 a 5,5
Gravidade específica	3,4 a 3,5
Brilho	Adamantino, resinoso
Cor	Incolor, com cores amarelo-pálido, amarelo-mel e castanho claro
Pleocroísmo	Fraco
Propriedades Magnéticas	Atraído em 1.0 A ao separador electromagnético Frantz

A titanite é um mineral acessório comum num grande número de rochas ígneas, nomeadamente em granitos, granodioritos, dioritos, sienitos e sienitos nefelínicos, ocorrendo também em gnaisses, xistos e calcários metamorfizados. Devido à sua baixa resistência à meteorização a titanite raramente é encontrada em sedimentos detríticos. O aspecto resinoso dos grãos, a forma em cunha e a secção transversal rômbrica, constituem elementos diagnósticos característicos para a sua identificação (tab. 4.2). No entanto, em grãos arredondados a titanite pode ser confundida com a monazite.

A titanite foi observada em praticamente todas as amostras. Nas praias, as titanites são geralmente abundantes mas arredondadas. Nestes casos recorreu-se à análise por raios-X (apêndice I e II) que permitiu diferenciá-las da monazite. Nas ribeiras as titanites são abundantes apresentando formas praticamente euédricas, em particular a sul do maciço de Monchique (fig. 4.4). Sendo a titanite muito abundante no sienito nefelínico do maciço de

Monchique que aflora na área em estudo (Sousa, 1926, Pereira, 1940, Kraatz-Koschlau & Hackman, 1967, Santos, 1973), as titanites observadas nestas ribeiras que drenam para sul do maciço devem provavelmente provir deste.

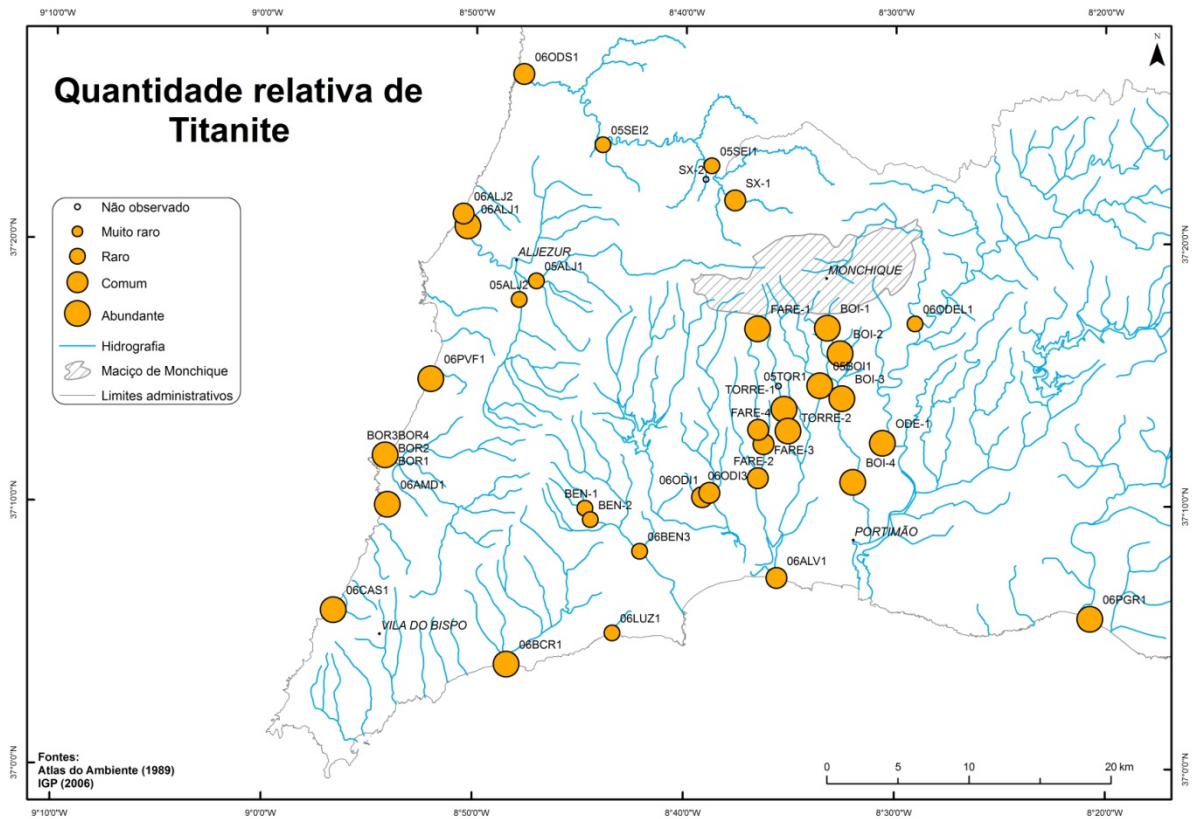


Figura 4.3 – Mapa da quantidade relativa de titanite nas amostras observadas.

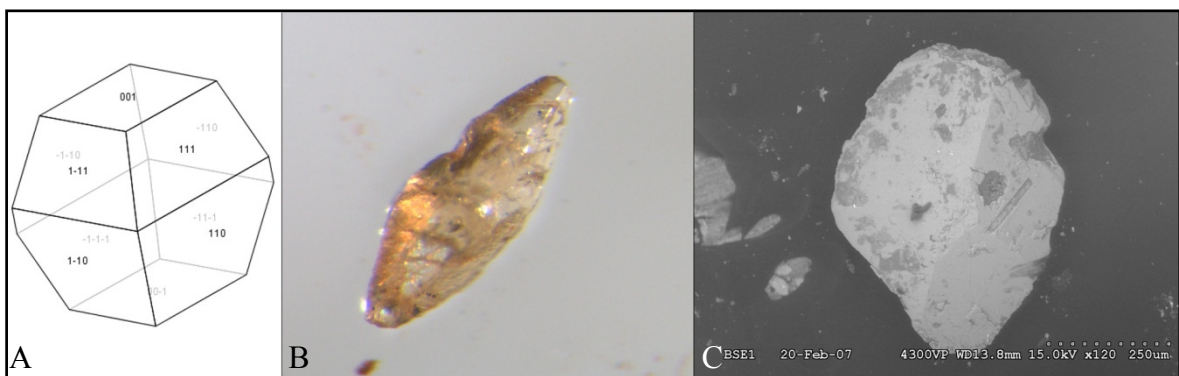


Figura 4.4 – A) Hábito cristalino da titanite (adaptado de webmineral, 2007); B) Fotografia à lupa de uma titanite observada na ribeira de Boina (dimensão inferior a 200  $\mu\text{m}$ ); C) Fotografia de titanite da ribeira de Boina observada ao MEV.

### 4.1.3 GRANADA (ALMANDINA) ( $\text{Fe}_3\text{Al}_2(\text{SiO}_4)_3$ )

**Tabela 4.3** – Características da almandina.

---

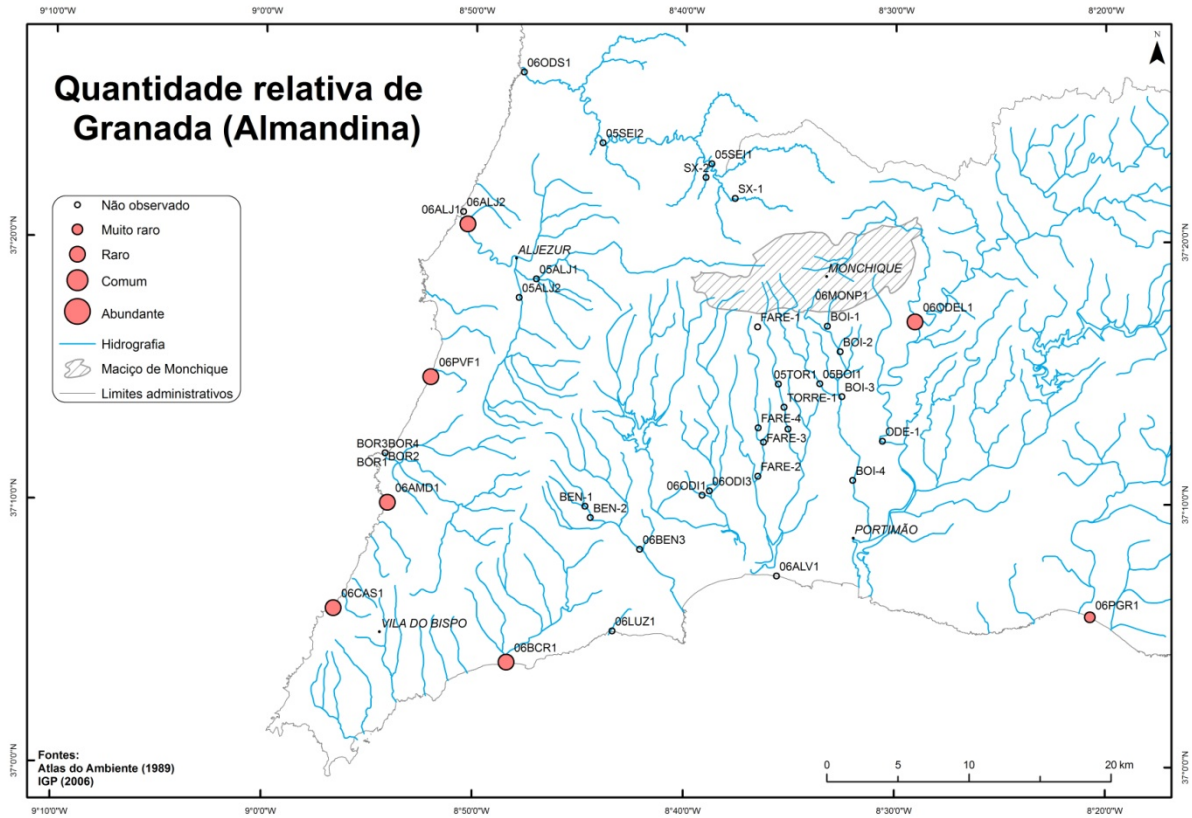
---

Sistema	Cúbico
Forma mais comum	Dodecaedros ou trapezoedros
Clivagem	Ausente
Fractura	Concoidal
Dureza	6,5 a 7,5
Gravidade específica	3,6 a 4,3
Brilho	Vítreo a resinoso
Cor	Rosa a alaranjado
Pleocroísmo	Inexistente
Propriedades Magnéticas	Atraído ao separador electromagnético Frantz em 0.4 A

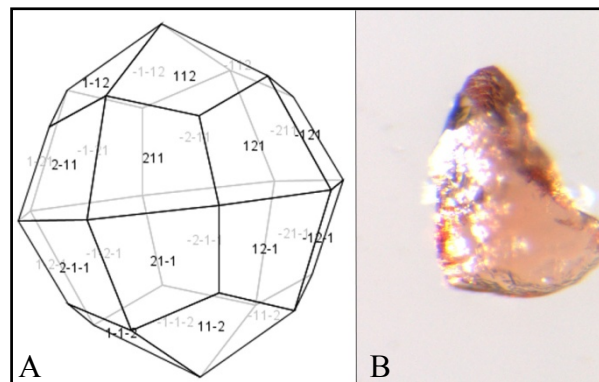
---

A granada é um mineral comum em muitas rochas metamórficas, ocorrendo como acessório em algumas rochas ígneas. Devido à sua resistência à meteorização é bastante frequente em rochas detríticas. As análises por raios-X (apêndice I e II) permitiram determinar que a granada observada é almandina. A almandina é comum em rochas metamorfizadas que resultaram do metamorfismo regional de sedimentos argilosos ricos em alumínio e ferro. Por ter uma dureza e coloração semelhantes ao zircão a granada poderia ser confundida com este, mas ela é atraída mais cedo no SEF e possui um relevo mais baixo (tab. 4.3).

A granada só foi observada raramente em areias de praia e na ribeira de Odelouca (fig. 4.5). Todos os grãos de granada observados encontravam-se arredondados e com uma esfericidade elevada (fig. 4.6).



**Figura 4.5** – Mapa da quantidade relativa de almandina nas amostras observadas.



**Figura 4.6** – A) Hábito cristalino da almandina (adaptado de webmineral, 2007); B) Fotografia à lupa de uma almandina observada na ribeira de Odelouca (dimensão inferior a 200  $\mu\text{m}$ ).

#### 4.1.4 ESTAUIOLITE ((Fe, Mg, Zn)<sub>2</sub>(Al, Fe, Ti)<sub>9</sub>O<sub>6</sub>[(Si, Al)O<sub>4</sub>]<sub>4</sub>(O, OH)<sub>2</sub>)

**Tabela 4.4** – Características da estaurolite.

---

Sistema	Ortorrômbico
Forma mais comum	Prismático, raramente euédrico
Clivagem	Paralela
Fractura	Irregular, concoidal
Dureza	7,5
Gravidade específica	3,16 a 3,20
Brilho	Vítreo
Cor	Amarelo a castanho
Pleocroísmo	Fraco, mas nas variedades coloridas pode ser forte
Propriedades Magnéticas	Não atraído ao separador electromagnético Frantz

---

A estaurolite é um mineral característico de xistos pelíticos de metamorfismo de grau baixo a médio. No entanto, a estaurolite não está confinada a rochas pelíticas ocorrendo também em alguns xistos feldespáticos e em auréolas de contacto de maciços graníticos. Devido à sua grande resistência à meteorização a estaurolite é comum em sedimentos detríticos. A estaurolite pode ser facilmente identificada através das suas cores amarelo acastanhado, não surgindo confusão com o rútilo nem com a andaluzite por estes saírem mais tarde no SEF (tab. 4.4, anexo II).

A estaurolite foi observada em praticamente todas as amostras (fig. 4.7). Nos aluviões foi observada desde muito raramente a abundantemente, apresentando desde formas euédricas a subarredondados ou arredondados (fig. 4.8). Nas amostras de praia a estaurolite é comum a abundante, dominando as formas arredondadas. As análises de raios-X (apêndice I e II)

efectuadas sobre as estaurolites com formas arredondadas permitiram confirmar a sua identificação.

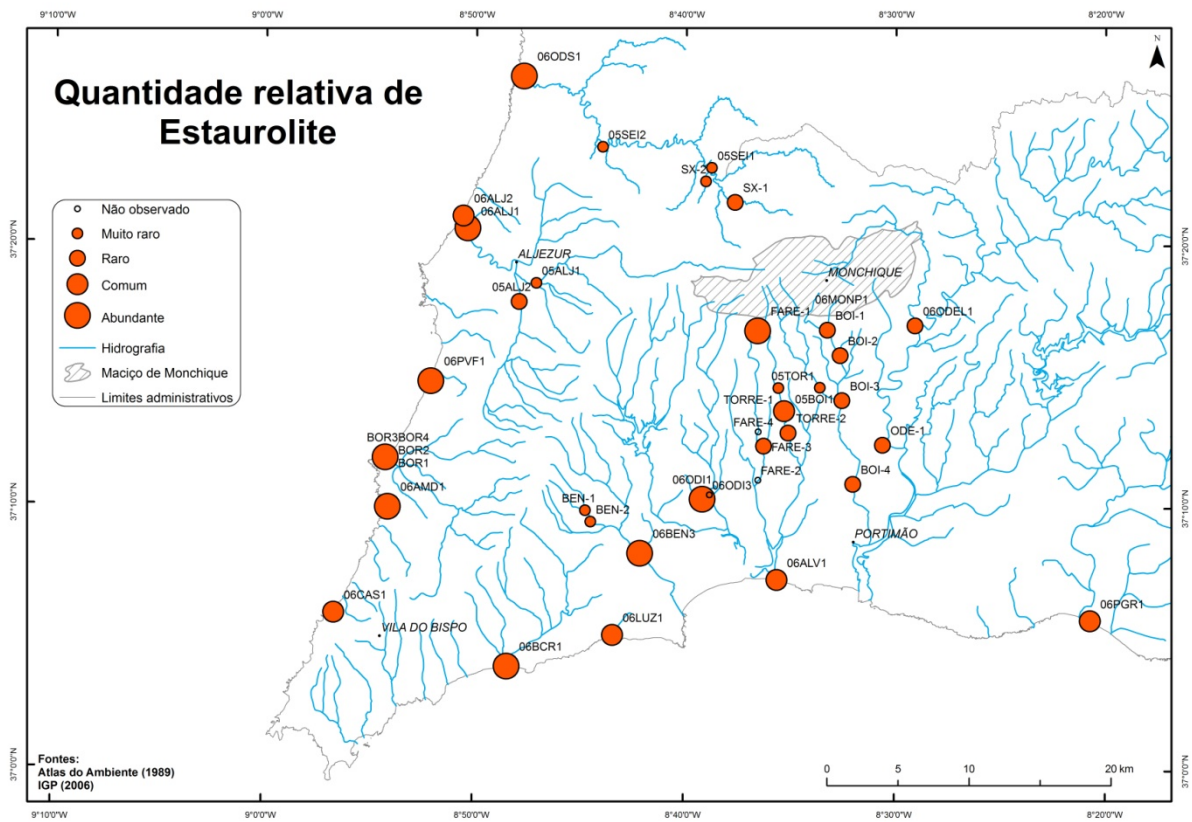


Figura 4.7 – Mapa da quantidade relativa de estaurolite nas amostras observadas.

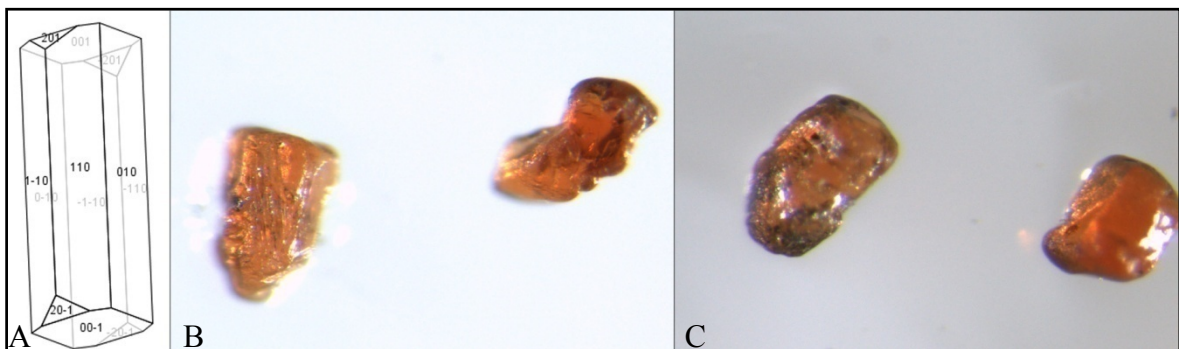


Figura 4.8 – A) Hábito cristalino da estaurolite (adaptado de webmineral, 2007); B e C) Fotografias à lupa de grãos de estaurolite da ribeira de Boina onde se observa fragmentos subangulosos (B) e subarredondados (C) (dimensão dos grãos entre 63 e 200  $\mu\text{m}$ ).

#### 4.1.5 ANDALUZITE ( $\text{Al}_2\text{SiO}_5$ )

**Tabela 4.5** – Características da andaluzite.

---

Sistema	Ortorrômico
Forma mais comum	Prismático, raramente euédrico
Clivagem	Paralela
Fractura	Irregular, concoidal
Dureza	7,5
Gravidade específica	3,16 a 3,20
Brilho	Vítreo
Cor	Amarelo a castanho
Pleocroísmo	Fraco, mas nas variedades coloridas pode ser forte
Propriedades Magnéticas	Não atraído ao separador electromagnético Frantz

---

A andaluzite é formada principalmente em auréolas de contacto de rochas ígneas com rochas argilosas, mas podendo também ocorrer em áreas que sofreram metamorfismo regional. É encontrada frequentemente nos sedimentos com várias formas, normalmente irregulares. A andaluzite não é atraída ao SEF, o que a diferencia da estauroлите, e não possui faces estriadas como o rútilo.

Nas amostras observadas o arredondamento dos grãos tornou difícil a sua identificação, só tendo sido possível através de raios-X (apêndice II). Devido aos raros minerais observados (unicamente na praia da Bordeira), não se quantificou nem representou este mineral. Esta ausência de andaluzite deve-se provavelmente à escolha do líquido denso utilizado para concentrar os MP, que possui uma densidade superior à da andaluzite. No entanto, cristais

de andaluzite com inclusões podem possuir uma densidade superior, ocorrendo assim em algumas amostras.

#### 4.1.6. CIANITE ( $\text{Al}_2\text{SiO}_5$ )

**Tabela 4.6** – Características da cianite.

---

Sistema	Triclínico
Forma mais comum	Tabular alongado segundo o eixo principal.
Clivagem	Perfeita, fazendo um ângulo de 90°
Fractura	Irregular
Dureza	4 a 7
Gravidade específica	3,56 a 3,67
Brilho	Vítreo a pérola
Cor	Transparente em grão incolores, mas sendo bastante comuns os grãos de cor azul
Pleocroísmo	Fraco
Propriedades Magnéticas	Não atraído ao separador electromagnético Frantz

---

A cianite ocorre tipicamente como mineral de metamorfismo regional de rochas pelíticas, sendo um mineral frequente em sedimentos detríticos. Devido à cianite e à anatase saírem na mesma fracção do SEF, torna-se difícil a sua distinção quando ocorrem com formas arredondadas. A distinção pode ser efectuada analisando a fractura, que é irregular na cianite e concoidal na anatase (tab. 4.6).

A cianite foi identificada unicamente nas praias através de raros espécimes subarredondados de cor azul, por vezes pálido (fig. 4.10). Devido à sua cor azul e à forma arredondada, a sua identificação foi confirmada através da análise por raios-X (apêndice I e II). Pela dificuldade de identificação da cianite nas praias e devido a uma possível confusão com a anatase, ambos os minerais encontram-se agrupados no mesmo mapa de

distribuição (fig. 4.9). Apesar da cianite existir em quantidades significativas nas praias, este agrupamento é necessário porque visualmente é difícil distinguir a cianite da anatase quando arredondados.

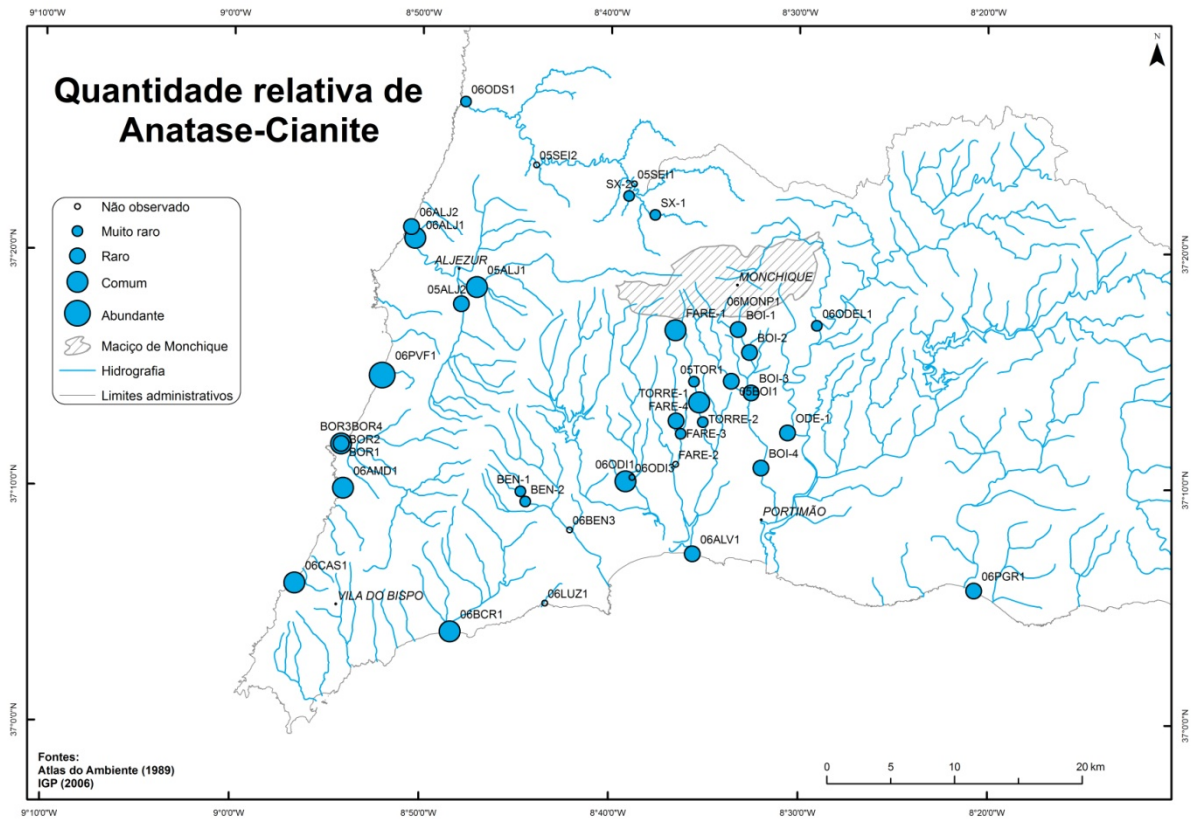


Figura 4.9 – Mapa da quantidade relativa de anatase-cianite nas amostras observadas.

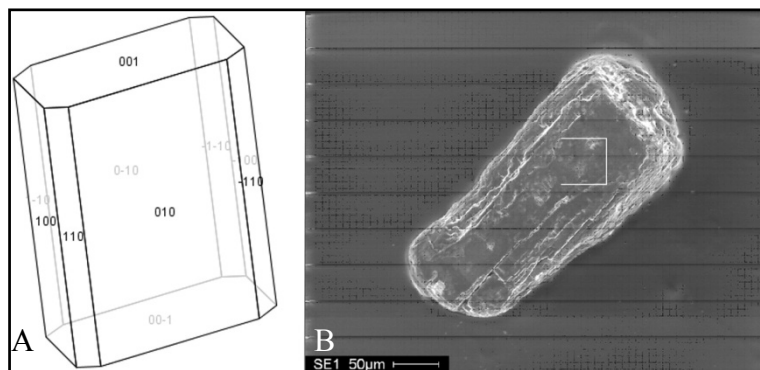


Figura 4.10 – A) Hábito cristalino da cianite (adaptado de webmineral, 2007); B) Fotografia de cianite da Praia de Odeceixe observada ao MEV.

#### 4.1.7. EPÍDOTO ( $\text{Ca}_2(\text{Al,Fe})_3(\text{SiO}_4)_3(\text{OH})$ )

**Tabela 4.7 – Características do epídoto.**

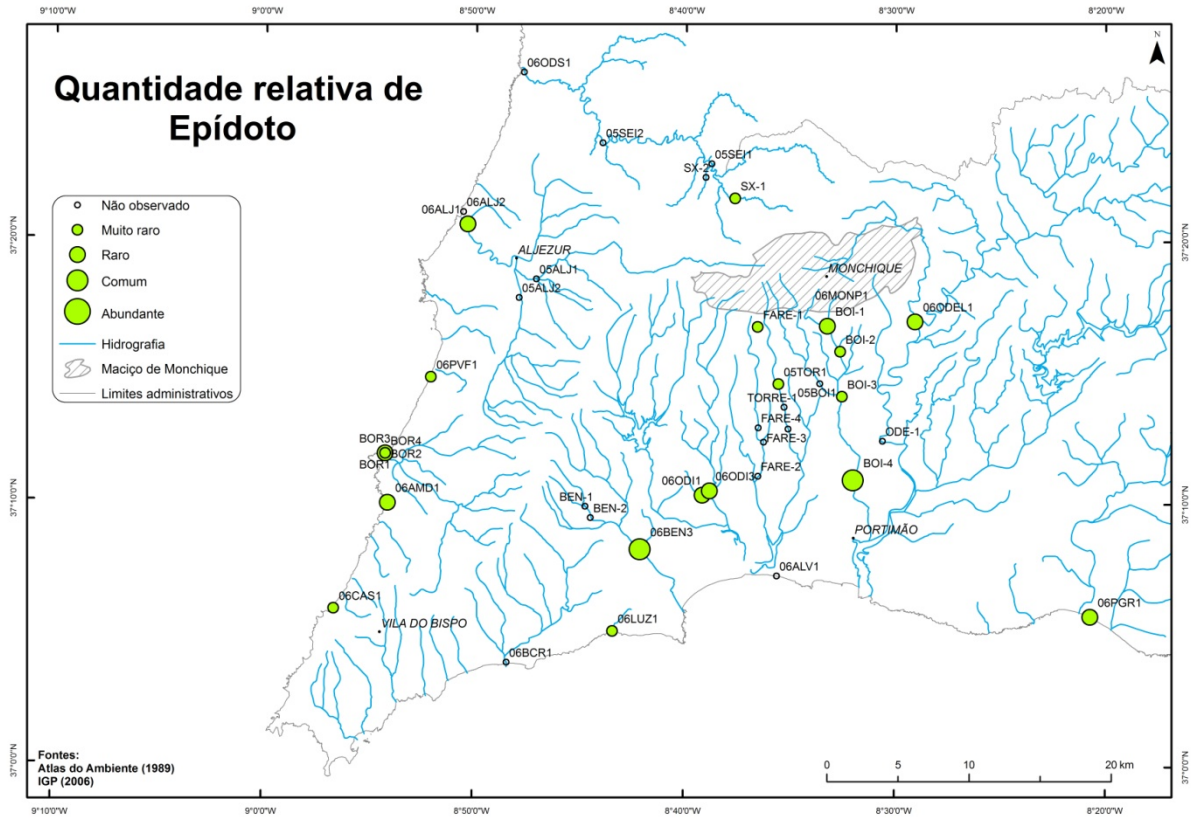
---

Sistema	Monoclínico
Forma mais comum	Cristais prismáticos com faces estriadas
Clivagem	Perfeita, paralela ao alongamento dos grãos
Fractura	Irregular
Dureza	6 a 7
Gravidade específica	3,2 a 3,5
Brilho	Vítreo, resinoso
Cor	Verde pistáchio a verde amarelado
Pleocroísmo	Ligeiro
Propriedades Magnéticas	Atraído entre 0,5 e 0,8 A ao separador electromagnético Frantz

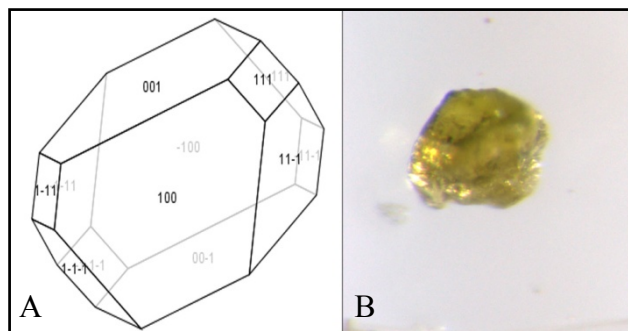
---

O epídoto ocorre em formações afectadas por metamorfismo regional, sendo característico de fácies dos xistos verdes e de anfibolitos mas ocorrendo também em graus de metamorfismo mais baixo (Pressão ~ 130 atm e Temperatura ~ 320 °C). Devido à sua dureza elevada e resistência à meteorização é bastante comum em sedimentos detríticos. A sua cor verde-pistáchio é bastante característica, apesar de poder ser confundida com outros minerais do mesmo grupo ou outros de cor verde como a augite ou o diópsido (tab. 4.7). No entanto, o epídoto é atraído mais cedo do que o diópsido ao SEF, e a augite tem um pleocroísmo mais intenso.

O epídoto foi observado tanto nos sedimentos de praias como de ribeiras sendo mais comum nestas últimas, em particular nas ribeiras de Boina e Bensafrim (fig. 4.11). O epídoto (fig. 4.12) apresenta-se na maioria das amostras anguloso a subanguloso, excepto nas praias onde se apresenta subarredondado com esfericidade elevada.



**Figura 4.11** – Mapa da quantidade relativa de epidoto nas amostras observadas.



**Figura 4.12** – A) Hábito cristalino do epidoto (adaptado de webmineral, 2007); B) Fotografia à lupa de um epidoto observado (grão com dimensão inferior a 200  $\mu\text{m}$ ).

#### 4.1.8. TURMALINA ((Na,Ca)(Li,Mg,Al)(Al,Fe,Mn)<sub>6</sub>(BO<sub>3</sub>)<sub>3</sub>(Si<sub>6</sub>O<sub>18</sub>)(OH)<sub>4</sub>)

**Tabela 4.8** - Características da turmalina.

---

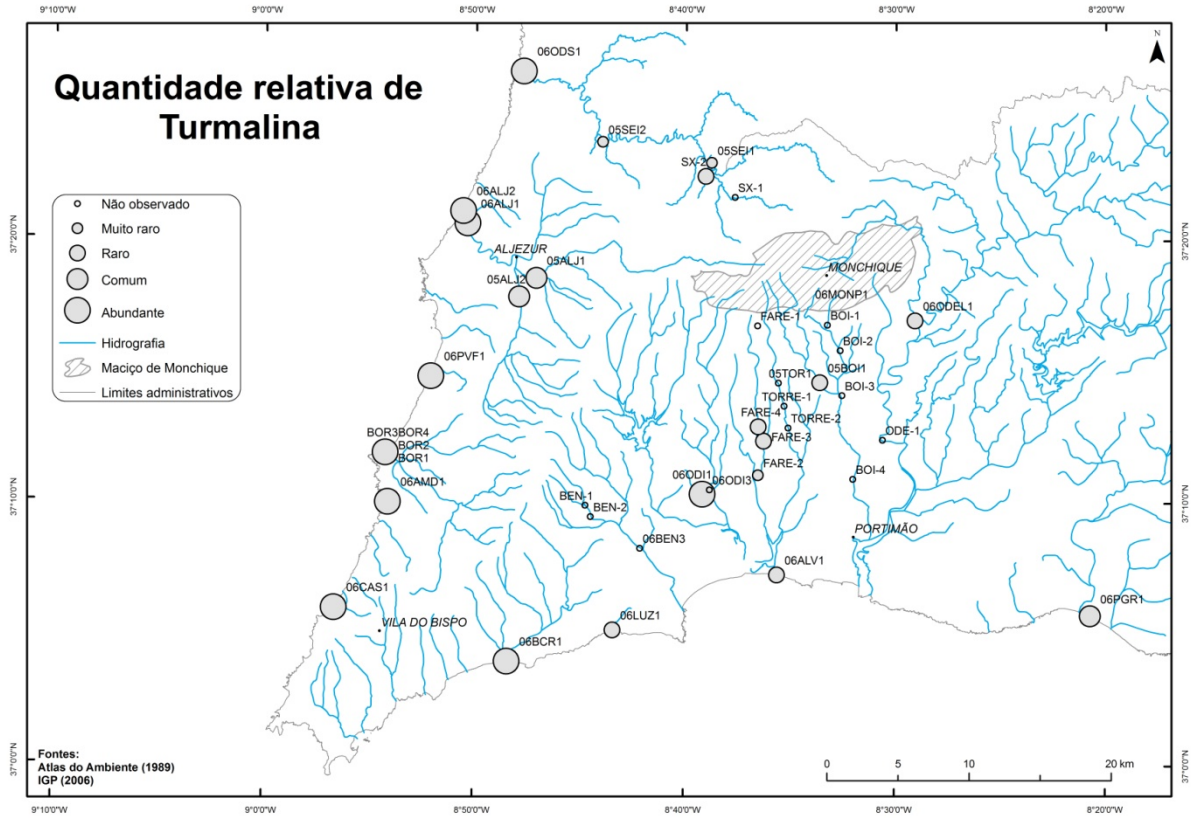
Sistema	Romboédrico
Forma mais comum	Prismas trigonais
Clivagem	Não visível
Fractura	Concoidal
Dureza	7 a 7,5
Gravidade específica	2,9 a 3,25
Brilho	Vítreo
Cor	Transparente que pode apresentar cor preta, castanha, rosa, verde e azul, dependendo da composição
Pleocroísmo	Elevado
Propriedades Magnéticas	Atraído entre 0,5 A e 0,8 A ao separador electromagnético Frantz

---

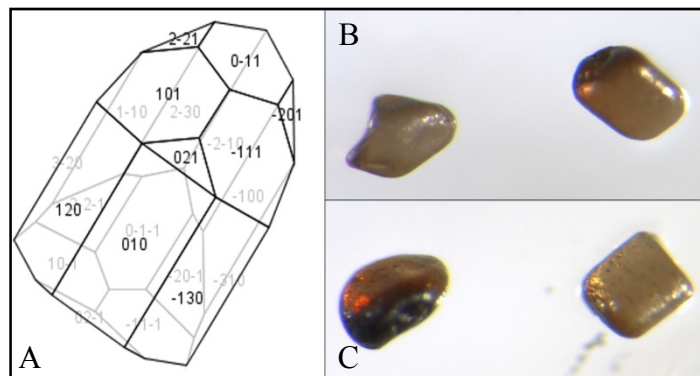
A turmalina ocorre essencialmente em pegmatitos graníticos, granitos e calcários metamorfizados. Nas rochas metamórficas ocorre como produto do metassomatismo ou como resultado de recristalização. A turmalina é um mineral que, devido às suas propriedades, é bastante frequente em sedimentos detríticos. O pleocroísmo elevado e a forma em prismas hexagonais permitem distinguir facilmente a turmalina de outros minerais do grupo das piroxenas ou das anfíbolas (tab. 4.8).

A turmalina apenas foi observada num pequeno número de amostras (fig. 4.13) sendo mais abundante nas amostras de praia. Os minerais observados (fig. 4.14) apresentam-se arredondados ou subarredondados sendo por vezes ainda possível visualizar as faces dos prismas. As turmalinas dos aluviões não apresentam diferenças significativas relativamente

às encontradas nas praias, ou seja, apresentam-se igualmente bem arredondados ou subarredondados mas com uma esfericidade menor.



**Figura 4.13** - Mapa da quantidade relativa de turmalina nas amostras observadas.



**Figura 4.14** – A) Hábito cristalino da turmalina (adaptado de webmineral, 2007); B e C) Fotografia à lupa de grãos de turmalina observados na ribeira de Aljezur (dimensão dos grãos inferior a 200 µm).

#### 4.1.9. AUGITE((CaNa)(Mg, Fe, Al)(Si, Al)<sub>2</sub>O<sub>6</sub>)

**Tabela 4.9** - Características da augite.

---

Sistema	Monoclínico
Forma mais comum	Cristais prismáticos ou achatados
Clivagem	Perfeita segundo {110}
Fractura	Irregular a concoidal
Dureza	5,5 a 6
Gravidade específica	3,2 a 3,6
Brilho	Vítreo a resinoso
Cor	Verde a verde acastanhado
Pleocroísmo	Moderado
Propriedades Magnéticas	Atraído entre 0,4 e 0,6 A ao separador electromagnético Frantz

---

A augite foi a piroxena identificada nas amostras observadas e confirmada por análise de raios-X (apêndice I e II). A augite (tab. 4.9) é um constituinte principal de rochas ígneas básicas, podendo ser frequentemente encontrada também em rochas ultramáficas e em rochas alcalinas que afloram sob a forma de diques tais como monchiquitos. Devido à sua fraca resistência à meteorização a augite é rara em sedimentos detríticos muito trabalhados.

Nas amostras observadas (fig. 4.15) a augite é encontrada abundantemente ou de modo comum nas ribeiras, em particular nas que drenam para sul do maciço de Monchique, e rara ou muito raramente nas praias. As augites observadas (fig. 4.16) possuem cor verde escura, apresentando-se angulosas a subangulosas nas ribeiras e subangulosas a subarredondadas nas praias.

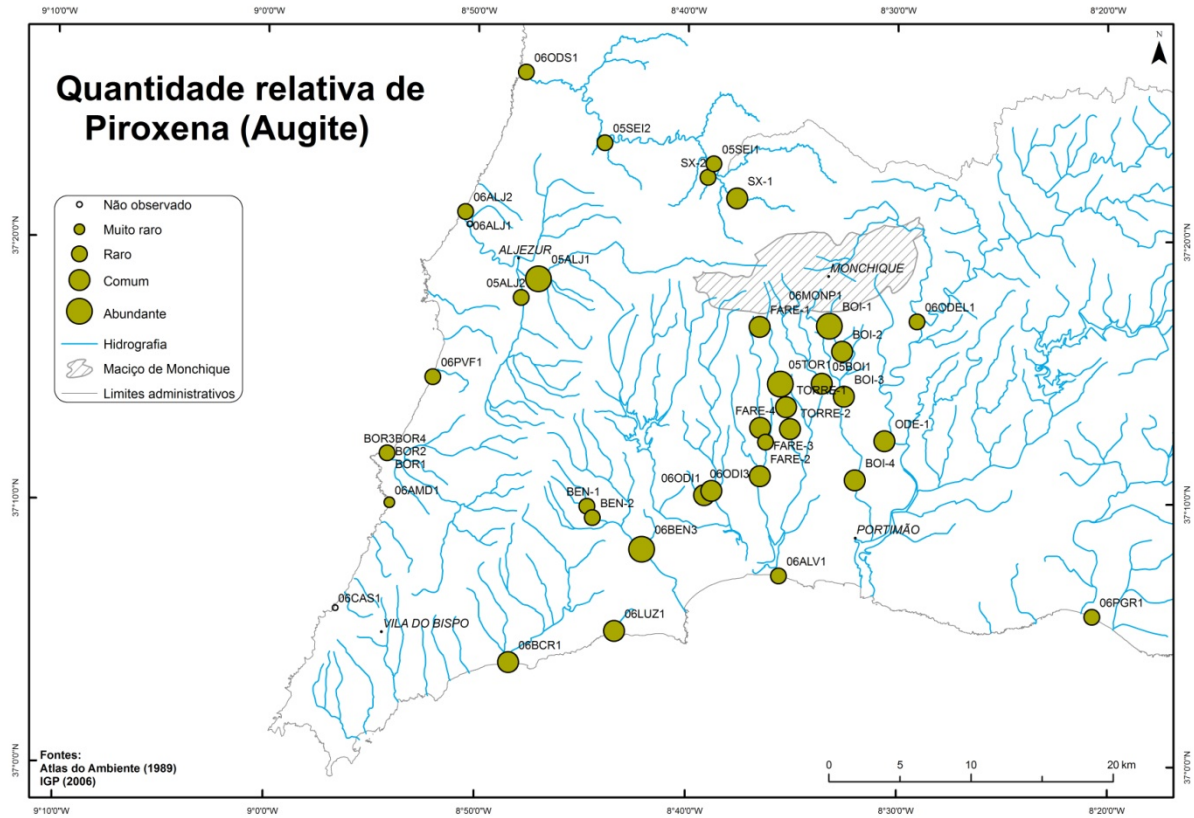


Figura 4.15 – Mapa da quantidade relativa da augite nas amostras observadas.

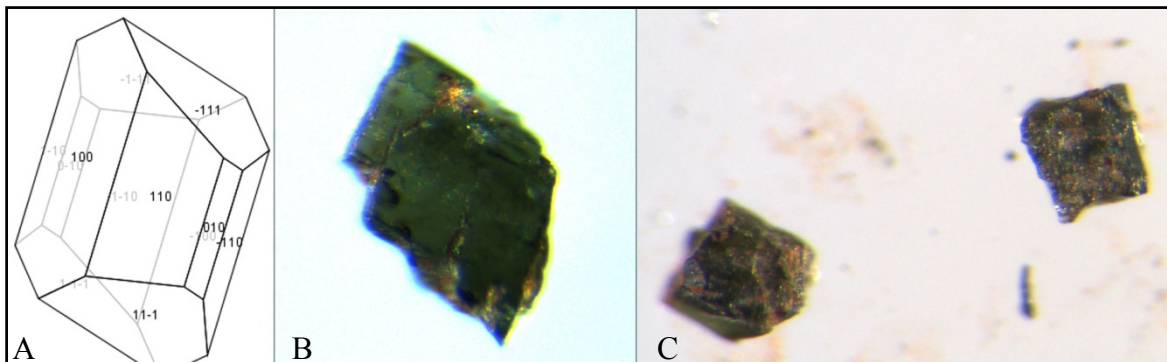


Figura 4.16 – A) Hábito cristalino da augite (adaptado de webmineral, 2007); B e C) Fotografias à lupa de augite observada na ribeira de Boia, apresentando-se bem angulosa e de cor verde-escura (dimensão dos grãos inferior a 200  $\mu\text{m}$ ).

#### 4.1.10 HORNEBLENDAS ( $\text{Ca}_2\text{Na}(\text{Mg, Fe})_4(\text{Al, Fe, Ti})_3\text{Si}_6\text{O}_{22}(\text{O, OH})_2$ )

**Tabela 4.10** - Características da horneblenda.

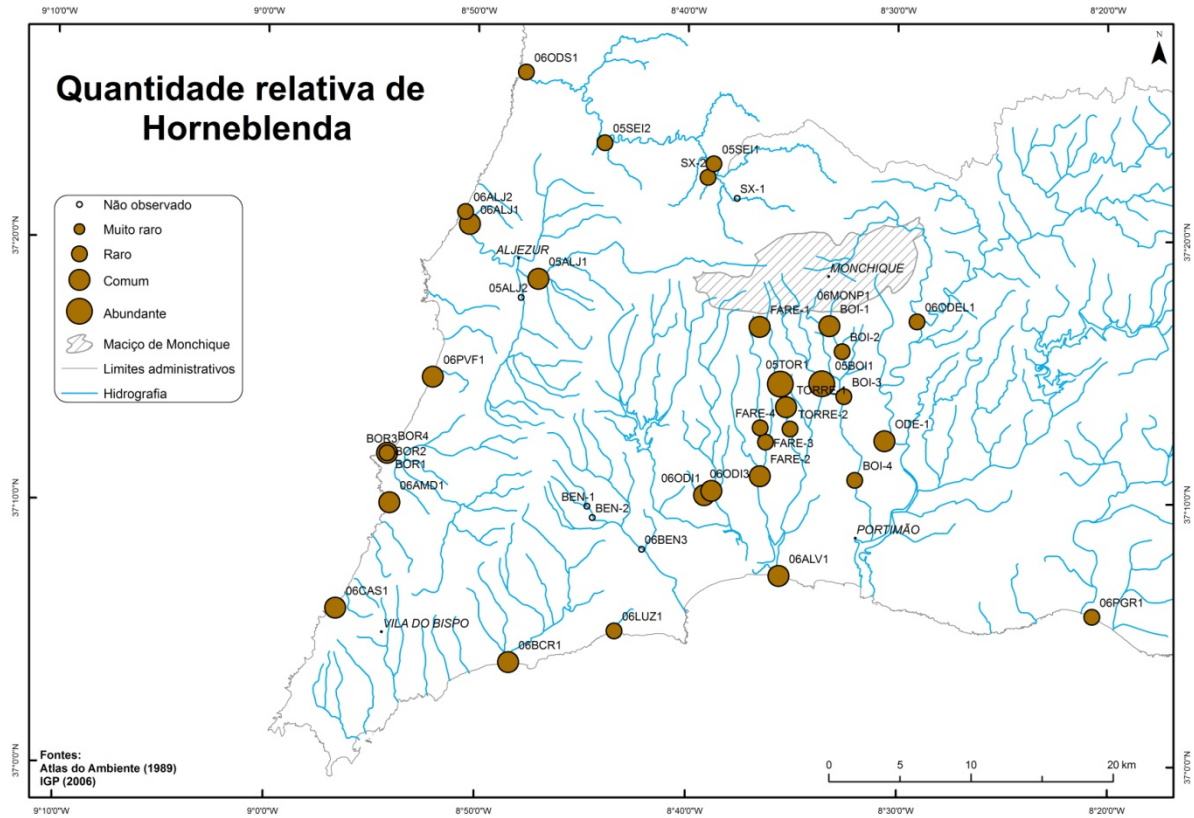
---

Sistema	Monoclínico
Forma mais comum	Cristais prismáticos (alongados segundo o eixo c), fibrosos, aciculares
Clivagem	Em ângulos variando de 56 a 124°
Fractura	Irregular
Dureza	5 a 6
Gravidade específica	3 a 3,4
Brilho	Vítreo
Cor	Verde-escuro a negro, sendo a cor mais comum acastanhada
Pleocroísmo	Ligeiro a forte
Propriedades Magnéticas	Atraído entre 0,5 e 0,8 A ao separador electromagnético Frantz

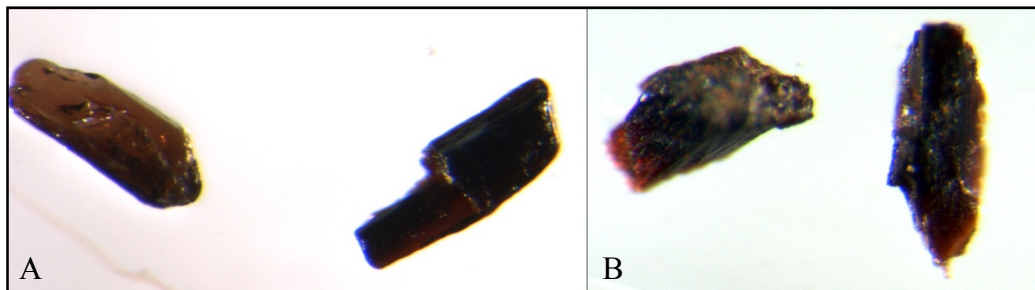
---

Devido ao grande número de substituições químicas possíveis na estrutura da horneblenda, este mineral ocorre num grande número de condições petrogénicas, quer ígneas quer metamórficas. A horneblenda é pouco resistente à meteorização sendo frequente em sedimentos recentes mas rara em depósitos antigos. Pode ser confundida com a turmalina que difere por não ter clivagem e possuir um pleocroísmo elevado, ou com a actinolite se tiver tons verdes mais claros, mas a clivagem e a fractura permitem a distinção (tab. 4.10).

A identificação da horneblenda foi confirmada através da análise por raios-X (apêndice I e II). Este mineral distribui-se uniformemente em praticamente todas as amostras observadas (fig. 4.17), sendo mais abundante nas amostras provenientes das ribeiras que drenam para Sul do maciço de Monchique. A horneblenda apresenta-se subangulosa a subarredondada nas ribeiras enquanto que nas praias ocorre unicamente subarredondada (fig. 4.18).



**Figura 4.17** – Mapa da quantidade relativa de hornblenda nas amostras observadas.



**Figura 4.18** – Fotografias à lupa de hornblenda subarredondada na Praia de Alvor (A) e angulosa da ribeira de Boina (B) (dimensão dos grãos inferior a 200  $\mu\text{m}$ ).

#### 4.1.11 CORINDO ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ )

**Tabela 4.11** - Características do corindo.

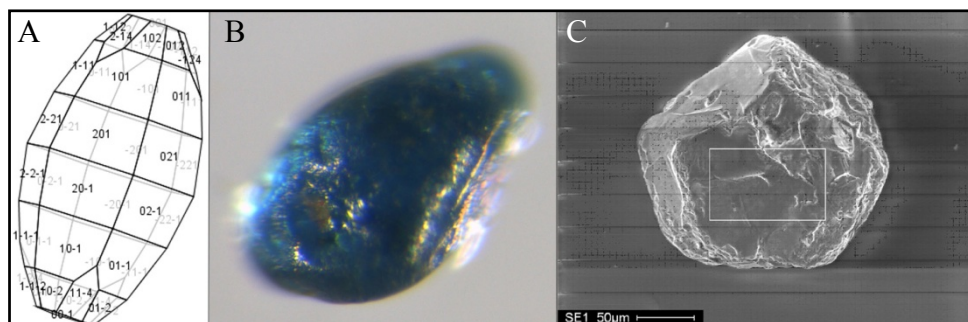
---

Sistema	Hexagonal
Forma mais comum	Tabulares ou prismáticos, podendo apresentar faces romboédricas
Clivagem	Não visível
Fractura	Irregular ou concoidal
Dureza	9
Gravidade específica	3,9 a 4,1
Brilho	Vítreo a adamantino
Cor	Incolor, azul ou rosa
Pleocroísmo	Ligeiro a nulo
Propriedades Magnéticas	Não atraído ao separador electromagnético Frantz

---

O corindo possui origem em rochas ígneas básicas ou intermédias (supersaturadas em alumina e pobres em sílica), em serpentinos, pegmatitos graníticos, sienitos e em rochas de metamorfismo de contacto. A sua dureza elevada e o facto de não ser atraído ao SEF pode originar confusão com o zircão, mas quando euédrico o hábito cristalino distinto permite a distinção (tab. 4.11).

O corindo (fig. 4.19) foi observado muito raramente em amostras de praia (BOR1, BOR2, BOR3), apresentando-se arredondado com cores azuis e rosa. Na coloração azul pode ocorrer confusão com a anatase e na rosa com o zircão, mas a sua identificação foi confirmada através da análise por raios-X (apêndice I e II). A pequena ocorrência deste mineral não justifica a sua representação espacial.



**Figura 4.19** – A) Hábito cristalino do corindo (adaptado de webmineral, 2007); B) Fotografia à lupa do corindo observado na Praia de Bordeira (grão com dimensão inferior a 200 µm); C) Fotografia do corindo observado na Praia da Bordeira ao MEV.

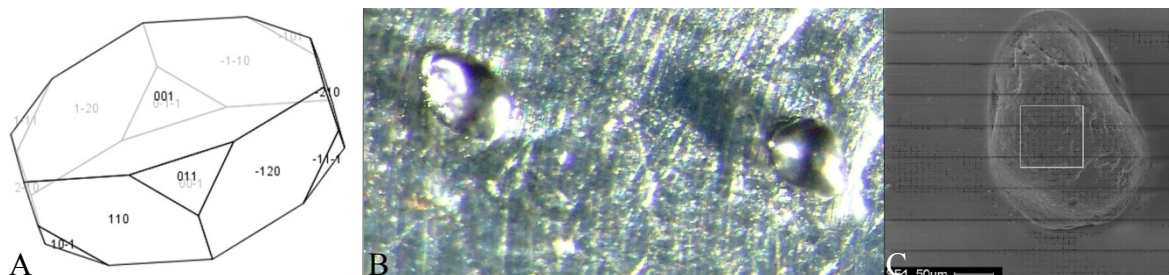
#### 4.1.12 ILMENITE ( $\text{FeTiO}_3$ )

**Tabela 4.12** - Características da ilmenite.

Sistema	Trigonal
Forma mais comum	Frequente em romboedros e cristais achatados
Clivagem	Inexistente
Fractura	Concoidal a irregular
Dureza	5,5 a 5,6
Gravidade específica	4,7
Brilho	Metálico a submetálico
Cor	Negro
Pleocroísmo	Inexistente
Propriedades Magnéticas	Atraído entre 0,2 e 0,3 A ao separador electromagnético Frantz

A ilmenite é um mineral acessório comum na maioria das rochas ígneas e bastante frequente em rochas metamórficas, em particular em ortogneisses e em rochas da fácies granulíticas. A ilmenite é um mineral bastante frequente em sedimentos detríticos. O seu brilho metálico e o facto de ser atraído aos 0,2 A, permitem a sua distinção da magnetite que é atraída pelo íman de mão (tab. 4.12).

A ilmenite (fig. 4.20) está presente em praticamente todas as amostras observadas, apresentando tanto formas geralmente bem arredondadas como perfeitamente euédricas. No entanto, a ilmenite não foi quantificada pois só se efectuou uma quantificação aos minerais atraídos a partir de 0,5 A ao Frantz.



**Figura 4.20** – A) Hábito cristalino da ilmenite (adaptado de webmineral, 2007); B) Fotografia à lupa da ilmenite observada na amostra da Praia de Bordeira (dimensão dos grãos inferior a 200 µm); C) Fotografia de Ilmenite observada na amostra da Praia de Bordeira ao MEV.

#### 4.1.13 RÚTILO (TiO<sub>2</sub>)

**Tabela 4.13** - Características do rútilo.

Sistema	Tetragonal
Forma mais comum	Prismática, com terminações piramidais e faces estriadas
Clivagem	Ausente
Fractura	Sub-concooidal
Dureza	6 a 6,5
Gravidade específica	4,18 a 4,25
Brilho	Adamantino a submetálico
Cor	Transparente a opaco, com coloração preta, vermelha ou amarelada
Pleocroísmo	Fraco
Propriedades Magnéticas	Atraído a partir de 0.5 A ao separador electromagnético Frantz.

O rútilo é um polimorfo de  $TiO_2$  de alta temperatura, sendo a sua forma mais frequente na natureza. O rútilo é encontrado em granitos, pegmatitos granitos, gnaisses, micaxistos e calcários metamorfizados, sendo muito frequentes em sedimentos detríticos. As estrias e sulcos que o rútilo apresenta à superfície são elementos que facilitam a sua distinção mesmo em sedimentos bem arredondados (tab. 4.13).

O rútilo foi observado na maioria das amostras (fig. 4.21) sendo abundante nas praias e geralmente raro nas ribeiras. O rútilo apresenta-se geralmente bem arredondado (fig. 4.22) mas pode também apresentar-se nas ribeiras em minerais de pequenas dimensões com formas euédricas. As tonalidades também variam dentro da mesma amostra, desde laranja avermelhado a negro (fig. 4.22)

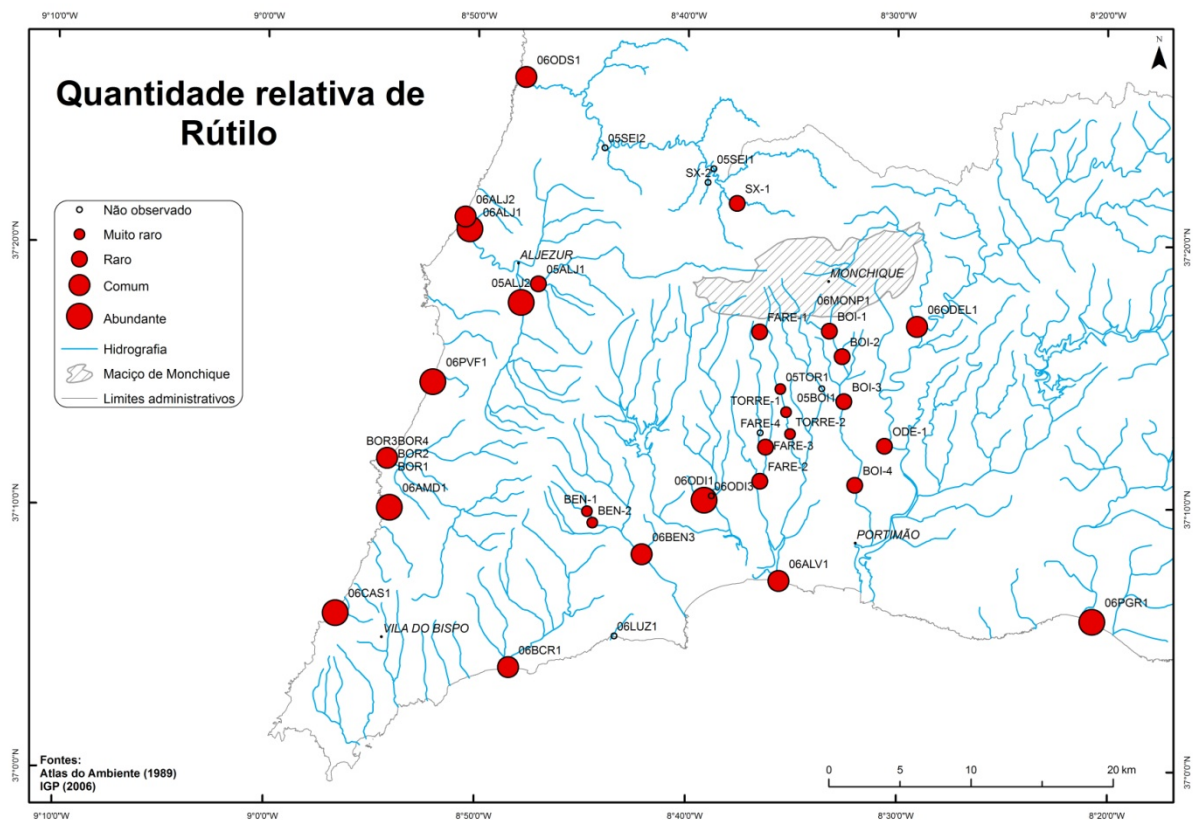
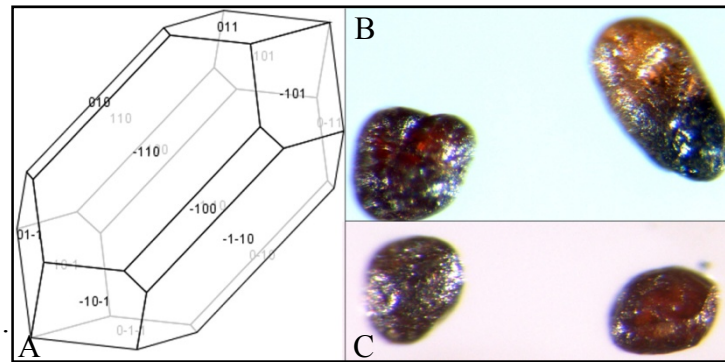


Figura 4.21 – Mapa da quantidade relativa de rútilo nas amostras observadas.



**Figura 4.22** – A) Hábito cristalino do rútilo (adaptado de webmineral, 2007); B e C) Fotografias à lupa de rútilo observado na ribeira de Boina, apresentando variações na cor desde amarelado a negro no mesmo grão (B) a tons mais avermelhados (dimensão dos grãos inferior a 200  $\mu\text{m}$ ).

#### 4.1.14. ANATASE ( $\text{TiO}_2$ )

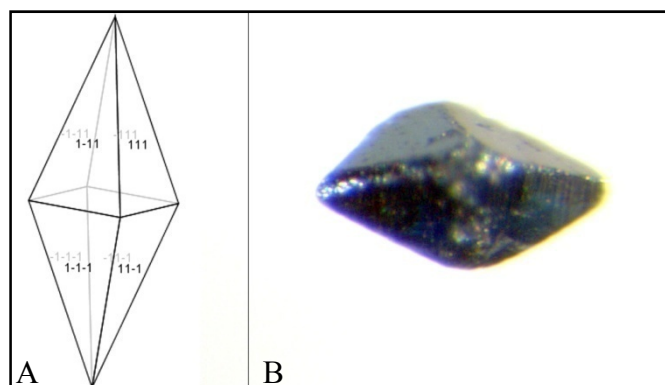
**Tabela 4.14** – Características da anatase.

Sistema	Tetragonal
Forma mais comum	Bipiramidal, alongado segundo o eixo c, com as faces do cristal finamente estriadas
Clivagem	Perfeita segundo $\{001\}$ e $\{011\}$
Fractura	Irregular a sub-concoidal
Dureza	5,5 a 6
Gravidade específica	3,82 a 3,97
Brilho	Adamantino a resinoso
Cor	Transparente a translúcido, sendo a cor mais frequente o azul
Pleocroísmo	Fraco
Propriedades Magnéticas	Não atraído ao separador electromagnético Frantz

A anatase é um polimorfo de  $\text{TiO}_2$  de baixa temperatura, encontrando-se como um constituinte acessório de rochas ígneas e metamórficas e como produto de alteração de outros minerais de titânio como a titanite e a ilmenite. A anatase é bastante frequente em sedimentos, tendo muitas vezes origem autigénica. O relevo muito elevado, a sua forma

tetragonal e a cor azul, permitem facilmente distinguir a anatase dos restantes minerais (tab. 4.14). No entanto, quando começa a ficar arredondada é facilmente confundida com a cianite. Em análises de raios-X (apêndice I e II) estes dois minerais são facilmente diferenciados pela sua diferente composição química, mas através da lupa binocular torna-se bastante difícil. Das observações efectuadas e através da análise de raios-X, detectou-se que existiam, em particular nas praias, tanto anatases como cianites bem arredondadas. Por esse motivo agruparam-se estes dois minerais na mesma representação (fig. 4.9).

Nos aluviões a anatase é comum a abundante, apresentando-se com formas euédricas (fig. 4.24) em particular nas ribeiras que drenam o maciço de Monchique para Sul. Nas praias os grãos de anatase também são comuns ou abundantes, mas aqui surge por vezes a confusão com a cianite quando muito arredondados.



**Figura 4.24** – A) Hábito cristalino da anatase (adaptado de webmineral, 2007); B) Fotografia à lupa de anatase observada na ribeira de Boina (grão com dimensão inferior a 200  $\mu\text{m}$ ).

#### 4.1.15 GANITE ( $\text{ZnAl}_2\text{O}_4$ )

**Tabela 4.15** – Características da ganite.

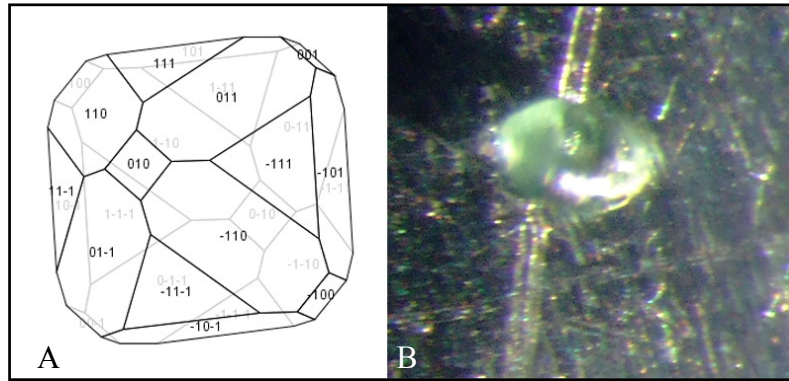
---

Sistema	Isométrico
Forma mais comum	Octaédrica
Clivagem	Ausente
Fractura	Irregular a concoidal
Dureza	7,5 a 8
Gravidade específica	4,55
Brilho	Vítreo
Cor	Verde-escuro, verde azulado
Pleocroísmo	Inexistente
Propriedades Magnéticas	Não atraído ao separador electromagnético Frantz

---

A ganite é uma espinela de zinco proveniente de rochas metamórficas e pegmatitos graníticos mas também de filões de substituição metasomática. A sua dureza, relevo elevado e cor verde azulada, permitem distinguir a ganite de outros minerais azuis que não são atraídos ao SEF (tab. 4.15).

A ganite foi observada unicamente na amostra da Praia da Bordeira, apresentando-se arredondada e com cores verde-azulada (fig. 4.25). A sua identificação foi confirmada através da análise por raios-X (apêndice I e II). A ocorrência restrita deste mineral não justifica a sua representação espacial.



**Figura 4.25** – A) Hábito cristalino da ganite (adaptado de webmineral, 2007); B) Fotografia à lupa de ganite observada na Praia de Bordeira (dimensão do grão entre 63 e 200  $\mu\text{m}$ ).

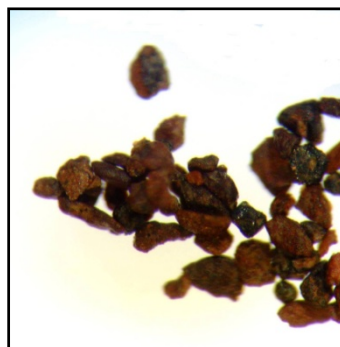
#### 4.1.16 MAGNETITE ( $\text{FeFeO}_4$ )

**Tabela 4.16** - Características da magnetite.

Sistema	Isométrico
Forma mais comum	Geralmente em octaedros, em massas esféricas ou sem forma definida
Clivagem	Variável
Fractura	Variável
Dureza	6
Gravidade específica	5,18
Brilho	Metálico
Cor	Negro a castanho
Pleocroísmo	Inexistente
Propriedades Magnéticas	Atraído pelo íman de mão

A magnetite pode ser encontrada em praticamente todos os tipos de rochas e ambientes sedimentares. O facto de ser atraída pelo íman de mão permite a sua fácil separação e identificação dos restantes minerais (tab. 4.16).

A magnetite foi observada em todas as amostras analisadas mas não se procedeu à quantificação devido à pouca informação que este mineral fornece.



**Figura 4.26** – Fotografia à lupa de um aglomerado de magnetite da ribeira da Torre (dimensão dos grãos inferior a 200  $\mu\text{m}$ ).

#### 4.1.17 CROMITE ( $\text{FeCr}_2\text{O}_4$ )

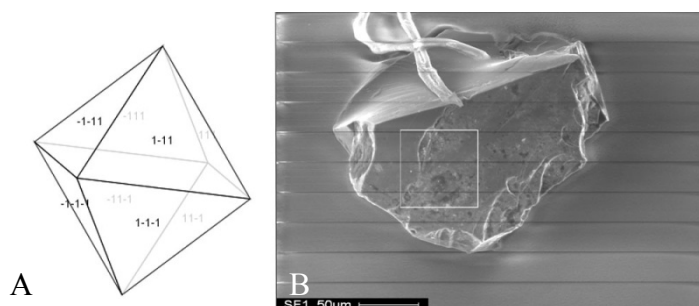
**Tabela 4.17** - Características da cromite.

Sistema	Isométrico
Forma mais comum	Octaédrica
Clivagem	Inexistente
Fractura	Concoidal
Dureza	5,5
Gravidade específica	4,6
Brilho	Metálico a submetálico
Cor	Negro a castanho-escuro
Pleocroísmo	Inexistente
Propriedades Magnéticas	Atraído entre 0,3 e 0,5 A ao separador electromagnético Frantz

A cromite é um mineral de alta temperatura relacionado com rochas ultrabásicas (peridotitos e serpentinitos), sendo pouco frequente em aluviões. Este mineral pode ser confundido com a ilmenite, mas o brilho submetálico das superfícies de fractura e o sistema isométrico permitem a sua distinção (tab. 4.17).

A cromite foi observada muito raramente apenas nas amostras da ribeira de Bensafrim, apresentando-se perfeitamente euédrica. A identificação foi confirmada através de análise

de raios-X (apêndice I e II). A ocorrência restrita deste mineral não justifica a sua representação espacial.



**Figura 4.27** – A) Hábito cristalino da cromite (adaptado de webmineral, 2007); B) Fotografia de cromite observada na ribeira de Bensafirim captada no MEV.

#### 4.1.18 APATITE ( $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3(\text{OH},\text{F},\text{Cl})$ )

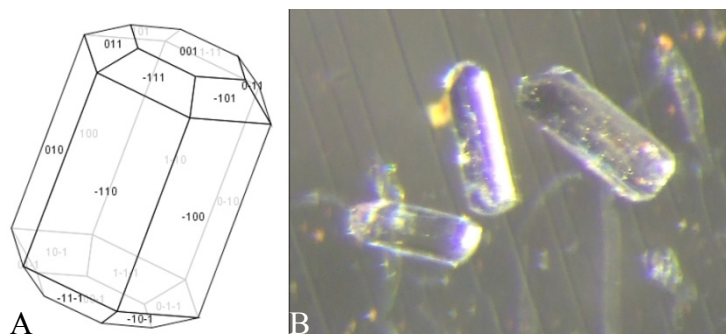
**Tabela 4.18** - Características da apatite.

Sistema	Hexagonal
Forma mais comum	Em prismas hexagonais alongados
Clivagem	Inexistente
Fractura	Concoidal
Dureza	5
Gravidade específica	3 a 3,4
Brilho	Vítreo
Cor	Transparente a translúcido com cor branca leitosa ou totalmente incolor
Pleocroísmo	Inexistente
Propriedades Magnéticas	Não atraído ao separador electromagnético Frantz

A apatite é um mineral acessório frequente na maior parte das rochas ígneas e nas rochas metamórficas, em especial em gnaisses. Ocorre com certa frequência em sedimentos detríticos mas devido à sua baixa dureza pode ser considerada como rara em sedimentos

mais trabalhados. A apatite pode ser confundida com o zircão, mas a sua dureza e relevo inferior são elementos que a permitem diferenciar (tab. 4.18).

A apatite foi observada muito raramente tanto nas amostras de praia como nos aluviões das ribeiras, apresentando-se geralmente euédricas. Esta fraca ocorrência deve-se provavelmente à utilização do Iodeto de Metileno na concentração de MP. Provavelmente, foi nesse momento eliminada a maior parte da apatite que possui densidade entre 3,1 e 3,4. Por esse motivo este mineral não foi quantificado.



**Figura 4.28** – A) Hábito cristalino da apatite (adaptado de webmineral, 2007); B) Fotografia à lupa de apatite observada na ribeira de Boina (dimensão dos grãos inferior a 200  $\mu\text{m}$ ).

## 4.2 SÍNTESE DOS MINERAIS OBSERVADOS

Os minerais identificados nas amostras estudadas apresentam, como seria de esperar, um maior arredondamento nas praias do que nas ribeiras. Do mesmo modo, a abundância de minerais mais resistentes à meteorização é superior nas praias do que nas ribeiras, à exceção da titanite que é abundante nas praias.

A distribuição espacial indica diferentes possíveis fontes para minerais como o zircão ou o rútilo, que apresentam uma grande variedade de formas. Minerais como a augite, hornblenda, anatase, titanite e zircão são abundantes nas ribeiras, em particular nas que drenam para sul do maciço de Monchique o que parece indicar uma possível influência deste. Por outro lado a granada e a turmalina existem praticamente só em sedimentos das

amostras das praias. Todos os restantes minerais (excepto os que foram observados pontualmente como a andaluzite, corindo, cromite, ganite e apatite), encontram-se distribuídos por todas as amostras. É ainda de salientar que apesar de não ser o objectivo deste trabalho, as fracções leves das amostras foram observadas para verificar a eficácia da separação por densidades. Na fracção leve foi identificado maioritariamente quartzo, seguido de feldspato e alguma apatite.

Para um melhor entendimento da relação existente entre os minerais, a sua distribuição e possíveis fontes, é necessário efectuar uma análise integrada de todos os dados disponíveis que será abordado no capítulo seguinte.

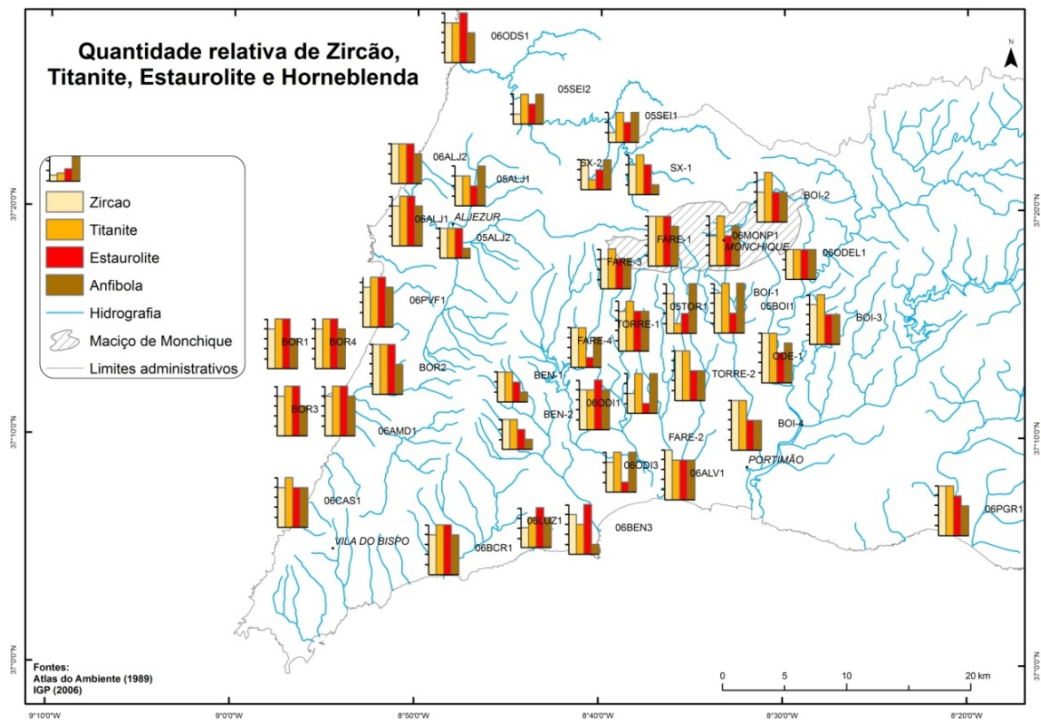
## **5. ANÁLISE DOS RESULTADOS E DISCUSSÃO**

A distribuição e a concentração dos MP encontram-se principalmente condicionadas por factores como a forma, a densidade e a resistência à meteorização dos mesmos (Morton & Hallsworth, 1999). Estes factores, juntamente com o tipo de amostragem efectuada e a subjectividade inerente às observações, implicam sempre uma incerteza no que refere à representatividade de uma amostra. No entanto, as amostras recolhidas possibilitaram a identificação da assembleia de MP das ribeiras e praias da área estuda, permitindo analisar a sua distribuição e tirar algumas conclusões, que serão de seguida expostas.

### **5.1. DISTRIBUIÇÃO DOS MINERAIS PESADOS**

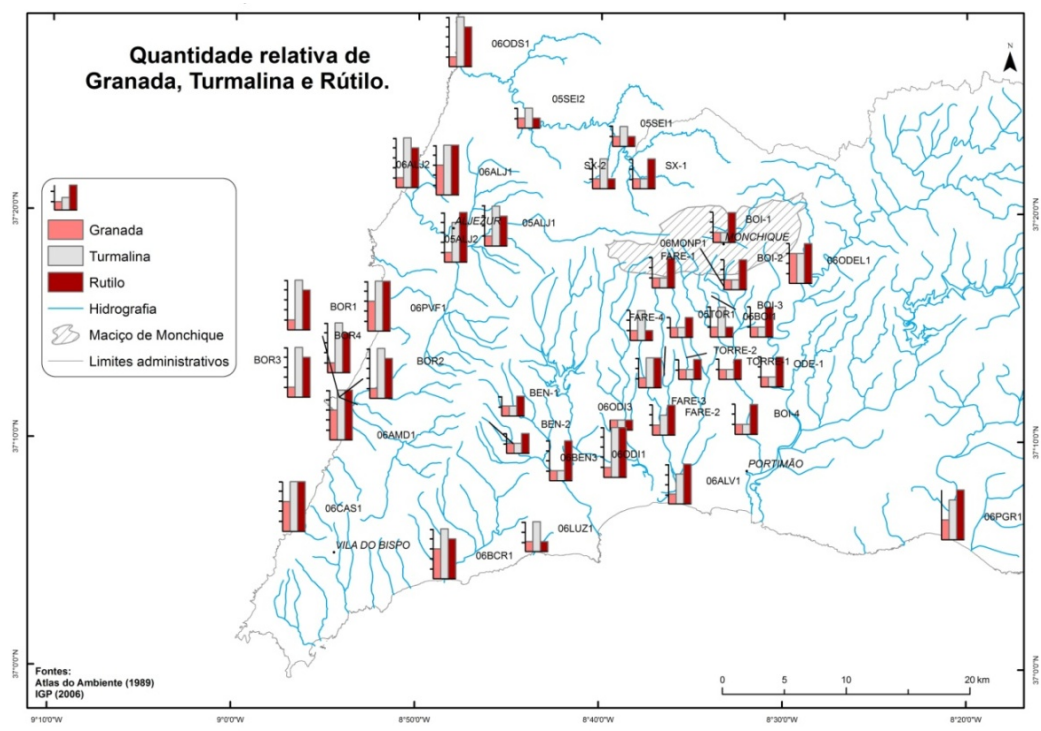
Os MP observados nas amostras estudadas apresentam, na generalidade, formas mais arredondadas nas praias do que nas ribeiras. Embora com menor frequência, as formas arredondadas também existem nas ribeiras.

A distribuição espacial dos MP não é totalmente homogénea entre praias e ribeiras. Verifica-se, então, que a distribuição de espécies minerais como o zircão, a titanite, a estauroлите, o epidoto e a hornblenda é muito semelhante tanto nas praias como nas ribeiras (fig. 5.1).



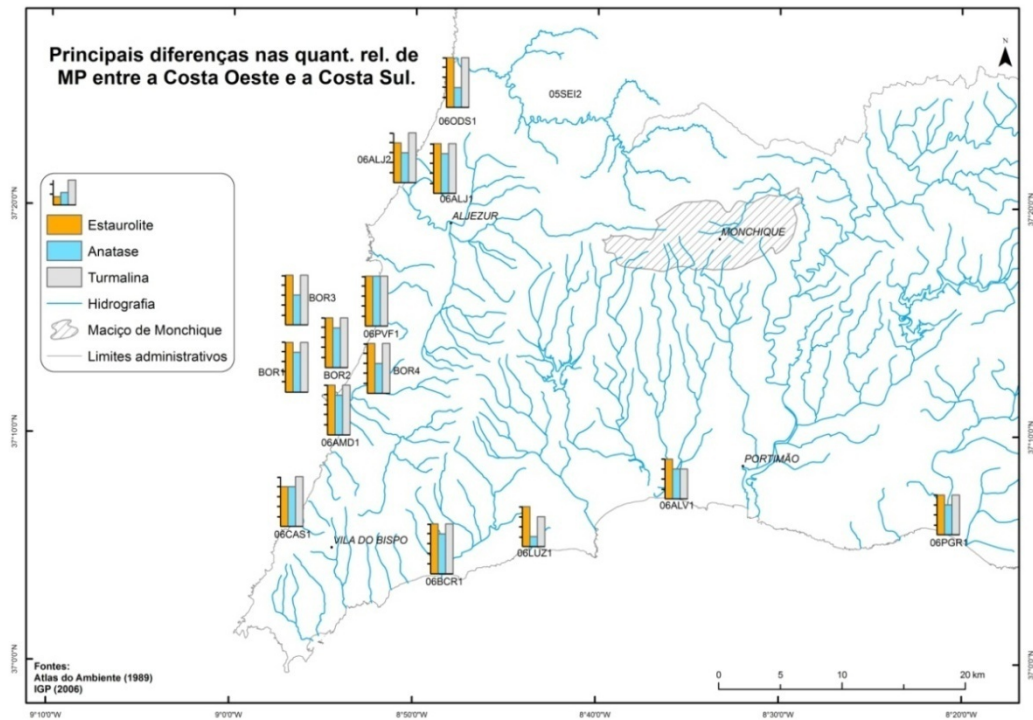
**Figura 5.1** – Quantidade relativa de zircão, titanite, estaurólite e hornblenda nas amostras observadas. Cada divisão no gráfico corresponde a uma classe de abundância.

Já a augite é mais abundante nas ribeiras do que nas praias (fig. 4.15). Ao contrário da granada, da turmalina e do rútilo que são mais abundantes nas praias (fig. 5.2), excepto na ribeira de Odelouca.



**Figura 5.2** – Quantidade relativa de granada, turmalina e rútilo nas amostras observadas. Cada divisão no gráfico corresponde a uma classe de abundância.

Relativamente às diferenças de distribuição dos MP encontrados entre praias da costa oeste e da costa sul, a estaurólite, a anatase-cianite, o epidoto e a turmalina parecem ser mais abundantes na costa oeste (fig. 5.3).



**Figura 5.3** – Principais diferenças nas quantidades relativas entre a costa oeste e a costa sul para a estaurólite, a anatase-cianite e a turmalina. Cada divisão no gráfico corresponde a uma classe de abundância.

As diferenças litológicas, a contribuição de diferentes fontes sedimentares, a deriva litoral e a agitação marinha podem ser explicações para a aparente diferença de distribuição entre os MP existentes na costa oeste e na costa sul. Além destes factores, a distribuição e a concentração dos MP encontram-se também condicionadas por factores já descritos no início deste capítulo, como a forma, densidade e resistência à meteorização. Como resultado da interação de todos estes factores, ocorrem diferenças nas abundâncias relativas de MP entre diferentes praias e na mesma praia.

Como já referido, nas amostras analisadas observou-se que as ribeiras estão a contribuir com minerais subarredondados a arredondados para as praias. Alguns destes minerais arredondados das ribeiras podem ter sido fornecidos pelas litologias das formações

Paleozóicas, hipótese que fica em aberto devido ao desconhecimento da composição mineralógica no que concerne aos MP dessas formações. O maciço de Monchique provavelmente também tem um papel importante como fornecedor de sedimentos para as ribeiras. As referências bibliográficas sobre a mineralogia do maciço (Sousa, 1926, Pereira, 1940, Kraatz-Koschlau & Hackman, 1967) e a abundância de minerais como a titanite, anatase, augite e hornblenda nas ribeiras a sul de Monchique, parecem corroborar tal possibilidade. A abundância de anatase e cianite no maciço de Monchique e o facto de estes existirem nas ribeiras em quantidades apreciáveis, coloca estas duas espécies como privilegiadas para o uso como traçador mineral do maciço de Monchique e ao longo da costa.

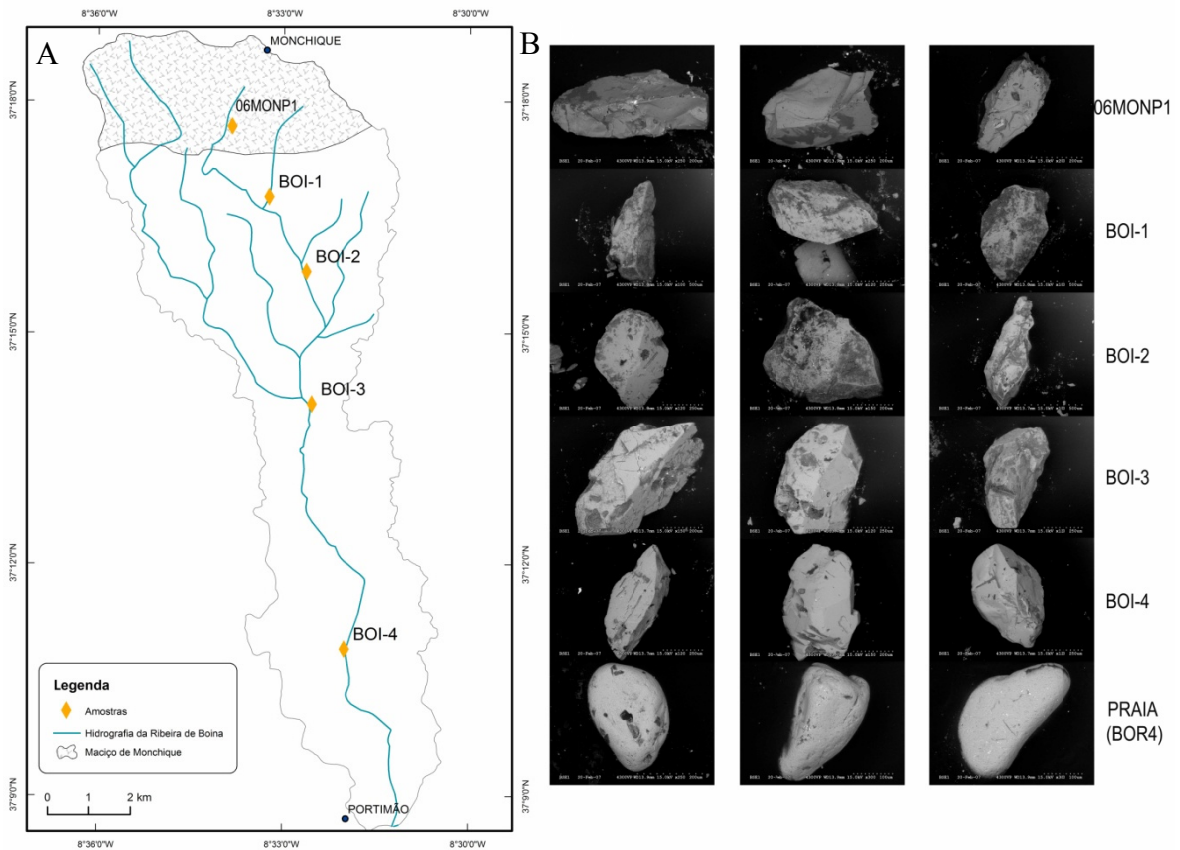
É ainda notória a aparente semelhança existente entre os MP descritos para a plataforma continental do Algarve (Moita, 1986; Cascalho *et al.*, 1991) (fig. 2.6), e os encontrados nas praias. A estauroilite, a turmalina, o rútilo e a granada são exemplos dessa semelhança, em particular na costa oeste. Seria interessante levar a cabo um estudo mais exaustivo que permitisse descortinar se existe alguma troca entre os MP da plataforma continental e os das praias. Um trabalho desse âmbito exige um maior número de amostras e uma especial atenção a diferentes parâmetros oceanográficos.

Do exposto, a maior parte dos minerais observados (turmalina, rútilo, zircão, titanite, estauroilite, hornblenda, augite e cianite) poderão ser associados com fontes como as formações Paleozóicas e o maciço de Monchique. Para os restantes minerais não é possível determinar as suas fontes mais prováveis, que poderão ser variadas.

## **5.2. A TITANITE COMO TRAÇADOR SEDIMENTAR**

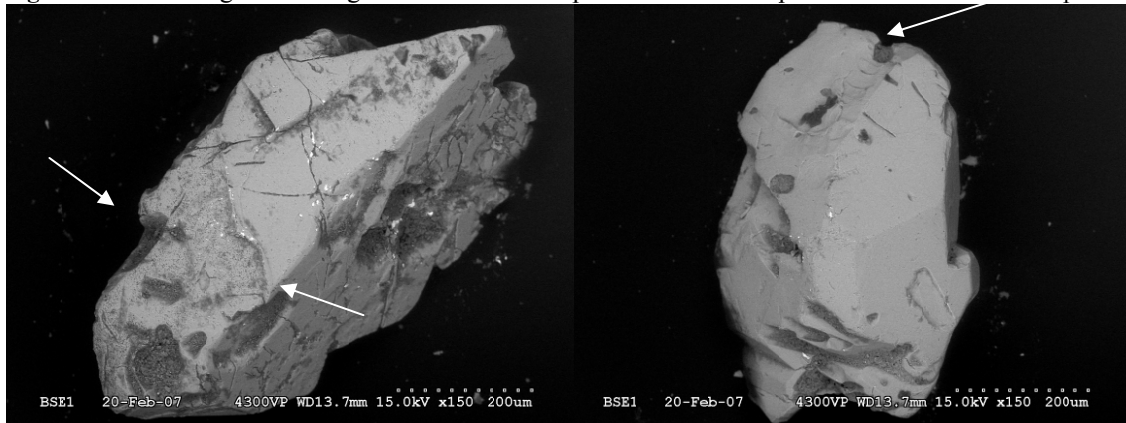
A titanite é um mineral que é abundante no maciço sienítico de Monchique e que ocorre homogeneamente neste (Sousa, 1926, Pereira, 1940, Kraatz-Koschlau & Hackman, 1967).

Devido à sua dureza ser relativamente baixa este mineral é comumente referenciado como pouco resistente à meteorização química e ao transporte (Deer *et al.*, 1992). Neste sentido, foi selecionada a ribeira de Boina para observar o comportamento da titanite ao longo de uma ribeira. Para tal, foram observadas titanites de rochas britadas do maciço (06MONP1) e de sedimentos do leito da ribeira de Boina a 1050 (BOI-1), 3400 (BOI-2), 7000 (BOI-3) e 13 500 m (BOI-4) de distância do maciço de Monchique (fig. 5.4). Os exemplares de titanite observados do maciço sienítico são exemplares bem angulosos, translúcidos, com o eixo axial bem definido. As titanites observadas nas amostras a jusante do maciço vão gradualmente apresentando as arestas mais arredondadas e uma tonalidade mais amarelada (fig. 5.4). As variedades mais angulosas continuam a existir ao longo da ribeira mas numa proporção relativa menor para jusante. Os grãos nas amostras BOI-3 e BOI-4 apresentam algumas marcas de percussão (fig. 5.5) observadas unicamente em exemplares destas amostras. Este mineral foi observado também nas areias de praia (fig. 5.4B), muito bem arredondado, e distinguido da monazite por uma análise por raios-X (apêndice I e II).



**Figura 5.4** – A) Mapa de localização das amostras ao longo da ribeira da Boina; B) Fotografias captadas no MEV de grãos de titanite do maciço de Monchique (MCQ-1), em amostras provenientes da ribeira de Boina (BOI-1, BOI-2, BOI-3, BOI4) e da Praia da Bordeira (BOR-4) (dimensão aproximada dos grãos de 200  $\mu$ m).

**Figura 5.5** – Fotografias de grãos de titanite captadas no MEV que mostram marcas de percussão,



assinaladas com setas a branco, em 2 exemplares de titanite da ribeira de Boina. A - Amostra BOI-3. B - Amostra BOI-4.

Através desta observação foi possível constatar que a titanite nas condições climáticas actuais consegue resistir tanto à meteorização química na rocha-mãe, ao transporte fluvial, ao período de armazenamento na ribeira e chega mesmo a ser encontrada bem arredondada nas praias. No entanto, não existe informação disponível sobre o tempo de transporte da

titanite até ao local onde foi recolhida. O transporte poderá ser rápido como resultado das cheias que ocorrem com frequência na ribeira analisada, ou a titanite pode permanecer por longos períodos de armazenamento no leito da ribeira ou no leito de cheia. De qualquer forma este mineral poderá ser usado como um traçador sedimentar do maciço de Monchique.

### **5.3. POPULAÇÃO DE ZIRCÕES**

Nas amostras observadas foi identificada uma vasta população de zircões, desde perfeitamente euédricos a totalmente arredondados. No sentido de efectuar uma quantificação das variações nas características dos zircões existentes em cada amostra (quando existia um número superior a 30 grãos) foram analisados a cor, a forma e as inclusões (Heimlich *et al.*, 1975).

A maioria dos grãos observados (tab. 5.1) são incolores, não apresentam inclusões e são arredondados a subarredondados. No entanto, existem diferenças nos zircões de cada amostra que as permite distinguir entre elas. Relativamente à cor, a maior percentagem de zircões é incolor, sendo particularmente evidente em amostras de praias. Os zircões de cor rosa são o segundo tipo mais frequente, seguidos pelos de cor acastanhada. As amostras que possuem as percentagens mais elevadas de zircões rosa apresentam valores entre os 20 e os 23 %. Estas amostras foram colhidas em ribeiras que drenam o maciço de Monchique (FARE3, FARE4, 05BOI1 e 05TOR1) e na praia da Bordeira (BOR4).

**Tabela 5.1** – Abundância relativa dos parâmetros morfoscópicos (cor, inclusões e forma) dos zircões analisados. Os valores apresentados referem-se à percentagem calculada para 30 zircões de cada amostra. A última linha indica se a amostra foi recolhida numa praia ou numa ribeira.

Amostras	BOR2		BOR4		06ALJ1		FARE3		05BOI1		05TOR1		06BCR1		06ODI1		06AMD1		06CAS1		06PGR1	
	BOR1	BOR3	05ALJ2	06ALJ2	FARE4	06ODS1	SX2	06PVF1	06ODEL1	06BEN3	06ALV1											
<b>Cor</b>																						
Incolor	93	93	93	80	90	97	90	73	60	47	94	60	80	97	93	90	97	93	94	90	90	87
Castanho	7	0	0	0	3	0	3	7	20	30	3	17	10	3	0	7	3	0	3	0	3	0
Rosa	0	7	7	20	7	3	7	20	20	23	3	23	10	0	7	3	0	7	3	10	7	13
<b>Inclusões</b>																						
Opacas	43	17	33	24	43	13	33	17	37	30	20	30	57	7	7	20	10	7	30	13	7	3
Incolores	12	0	0	3	7	27	0	0	17	17	7	7	3	20	13	17	13	10	20	20	26	20
Sem inclusões	45	83	67	73	50	60	67	83	47	53	73	63	40	73	80	63	77	83	50	67	67	77
<b>Forma</b>																						
Euédricos	0	0	0	7	0	0	0	3	0	13	0	0	0	0	3	10	13	0	0	0	0	3
Subeuédricos	13	13	20	17	20	10	13	10	13	17	0	30	10	37	17	17	7	13	10	17	7	17
Subarredondados	37	34	23	49	43	13	23	24	50	37	30	28	47	33	33	37	36	37	53	20	7	33
Arredondados	50	53	57	27	37	77	64	63	37	33	70	42	43	30	50	43	47	37	37	63	86	47
Praia/Ribeira	P	P	R	R	R	R	P	R	R	R	R	R	R	P	P	R	R	P	R	P	P	P

Nas amostras FARE4, 05BOI1 e 05TOR1 pertencentes a ribeiras que drenam para Sul do maciço de Monchique, existe uma quantidade significativa de zircões castanhos, respectivamente 20, 30 e 17% (tab. 5.1). Os zircões castanhos adquirem esta coloração pela destruição da rede cristalina devido à desintegração radioactiva do urânio e do tório. Devido a esta fragilidade, os zircões castanhos são menos resistentes à meteorização do que os zircões rosas e incolores (Carroll, 1953). Por esse motivo, a ausência de zircões castanhos sugere que eles podem já ter sido removidos através da meteorização e de processos sedimentares que os afectaram em ciclos sedimentares prévios (Carroll, 1953). Seria interessante estudar os zircões que estão a ser libertados actualmente pelas formações Paleozóicas e verificar a percentagem de zircões de cor castanha existente nelas. Será, eventualmente, de esperar que atendendo às litologias que constituem as formações Paleozóicas, os zircões castanhos tivessem sido praticamente eliminados em ciclos sedimentares anteriores e actualmente existirão em pequenas quantidades.

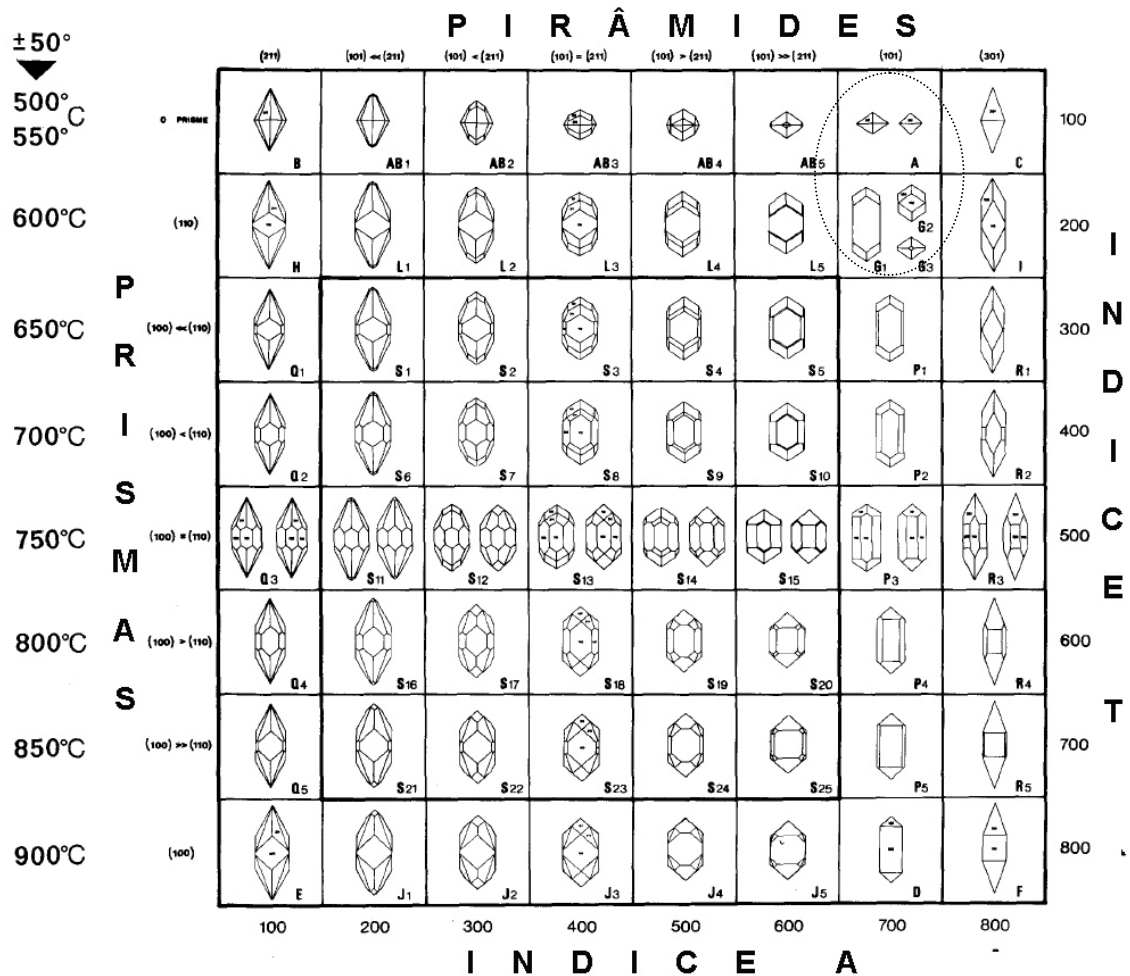
Relativamente às inclusões, existe uma grande percentagem de zircões que não possui qualquer inclusão. Quando estas existem são essencialmente constituídas por materiais

opacos (tab. 5.1). As amostras com uma percentagem elevada de zircões sem inclusões (mais de 70 %) ocorrem tanto nas praias como nas ribeiras.

Relativamente à forma, os grãos subarredondados e arredondados são mais abundantes do que os angulosos (tab. 5.1). Devido à sua dureza, é pouco provável que os grãos adquiram este grau de arredondamento em cursos de água de tão pequena extensão. No caso das amostras aluvionares estas formas subarredondadas e arredondadas estarão provavelmente associadas à contribuição de zircões das formações do Paleozócio (Kraatz-Koschlau & Hackman, 1967). No caso das praias estas formas estarão provavelmente associadas ao desgaste provocado pela energia do meio (Twenhofel, 1945) e a zircões que chegaram à praia já arredondados. Apesar de as formas dos grãos de MP observados se apresentarem, no geral, mais arredondados nas praias do que nas ribeiras, no caso particular do zircão não é evidente, no que concerne à forma, qualquer relação entre praia e ribeiras.

No Algarve Central foram datados zircões de formações detríticas do Miocénico, Pliocénico, Plistocénico e de sedimentos arenosos das praias actuais. Os resultados das idades permitiram classificá-los em 3 grupos independentemente da forma, da cor e posição estratigráfica: Paleozócio-NeoProterozócio (200-800 Ma), Paleoproterozócio (2100 Ma) e Arcaicos (2600-3200 Ma) (Veiga-Pires *et al.*, 2007). Estes dados sugerem que a fonte destes zircões encontra-se disponível desde o Pliocénico. Entre os grãos euédricos observados nas amostras recolhidas na ribeira de Boina, Torre e Odelouca, destacou-se a presença de grãos de zircão de prisma reduzido ou mesmo sem faces prismáticas. Pupin (1980) definiu quantitativamente a relação entre o desenvolvimento das faces do zircão e as condições de formação desenvolvendo o “diagrama de Pupin” (fig. 5.6). Nesse diagrama os cristais de zircão são classificados de acordo com o desenvolvimento das formas prismáticas {100} *versus* piramidais {110}, e do desenvolvimento das formas piramidais

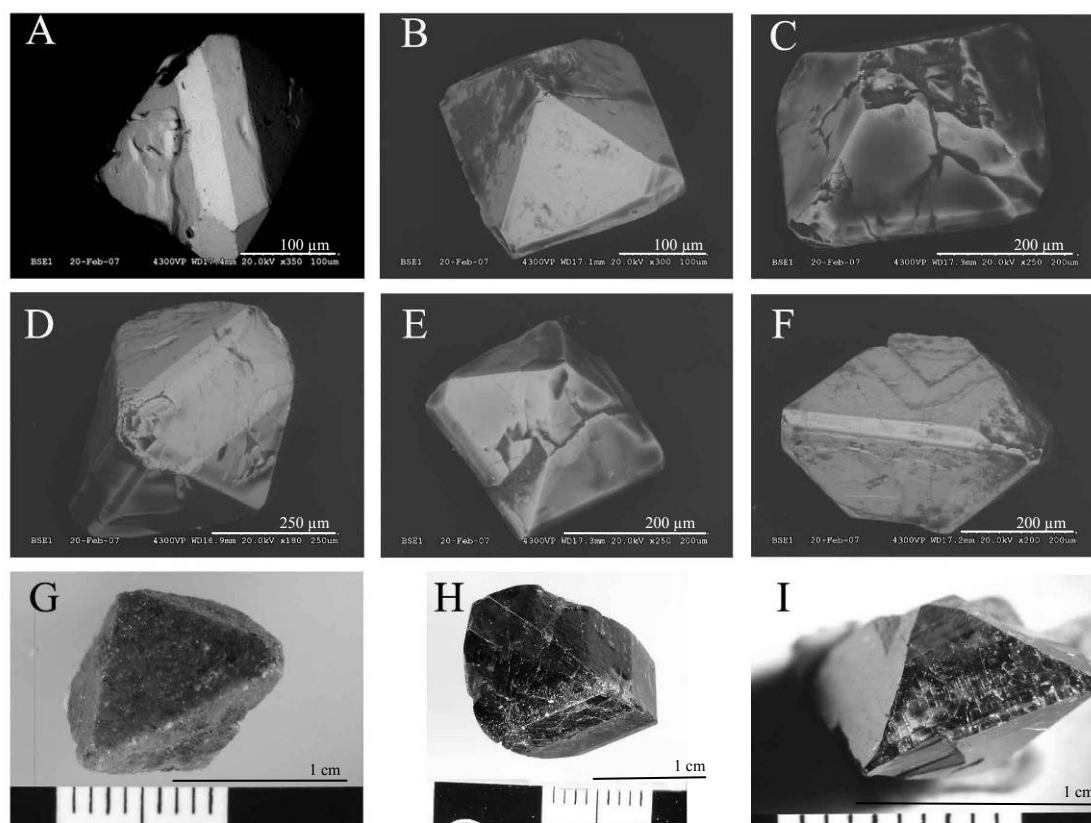
{211} versus {101} (Pupin, 1980). No geral, os grãos de zircão de rochas máficas tendem a ser predominantemente de formas {100} e {101}, os grãos provenientes de rochas aluminosas a calco-alcalinas exibem uma grande variedade de formas mas com uma presença predominante de {211}, e os grãos provenientes de granitos ou de pegmatitos possuem formas dominantes {110} e {101} (Corfu *et al.*, 2003).



**Figura 5.6** – Classificação tipológica dos principais tipos e subtipos de zircão com a escala geotermal correspondente (adaptado de Pupin, 1980). O elipsóide indica as tipologias observadas a que se faz referência no presente trabalho.

Assim, os grãos detríticos de zircão com prisma reduzido e sem faces prismáticas a que se faz referência no presente trabalho apresentam uma tipologia típica de rochas alcalinas (fig. 5.7). Apesar de não ter sido observado qualquer zircão na amostra do maciço de Monchique a fonte mais provável para este tipo de zircão será uma rocha associada ao mesmo. Seria possível associar os zircões com esta tipologia ao maciço de Monchique caso

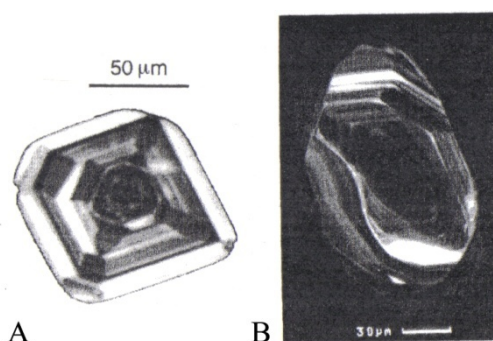
estes fossem datados. Se a idade obtida for próxima da estimada para o maciço alcalino de Monchique poder-se-ia afirmar que a fonte deste tipo de zircão pertence às litologias do maciço. Esta hipótese por enquanto fica em aberto porque não foi possível efectuar datações dos zircões para este trabalho. Seria também possível comparar as idades dos zircões observados com idades nos zircões observados no trabalho de Veiga-Pires *et al.* (2007) de modo a revelar se os zircões encontrados actualmente seriam provenientes das mesmas formações que contribuíram para constituir as formações do Pliocénico e do Pliocénico.



**Figura 5.7** – Exemplos de zircões euédricos observados (A, B, C, D e F - espécimes das amostras da ribeira da Boina, Torre e Odelouca. Fotografias captadas no MEV), típicos de rochas alcalinas, comparativamente com zircões provenientes de rochas alcalinas (G – Intrusão alcalina de Peixe, Goiás, Brasil; H - Natividade, Goiás, Brasil; I - Península de Kola, Rússia; zircões gentilmente cedidos para fotografia pelo Doutor Nuno Machado).

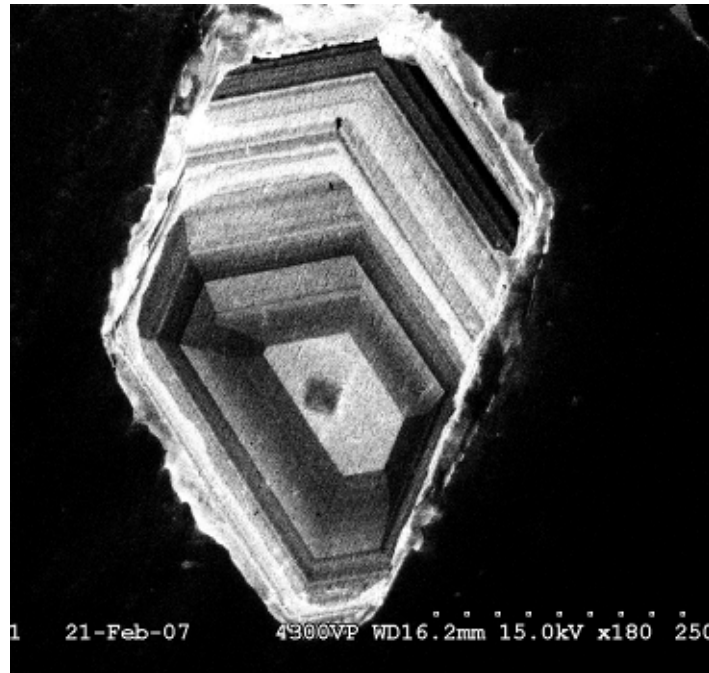
Em paralelo foram analisados por catodoluminescência (CL) vários zircões detríticos com o objectivo de observar texturas internas que pudessem indicar sobre a formação dos grãos.

A CL ocorre devido à heterogeneidade da distribuição dos elementos traço na estrutura cristalina dos minerais. Através desta propriedade é possível distinguir zircões metamórficos de ígneos pelas suas texturas internas (Hoskin & Schaltegger, 2003). Os zircões ígneos apresentam geralmente um desenvolvimento oscilatório em torno de um núcleo e um zonamento bem definido como resultado da distribuição heterogénea de elementos traço (fig. 5.8 A). Os zircões metamórficos mostram zonas de crescimento em redor de um núcleo ígneo preservado e/ou domínios de recristalização com uma organização variada (fig. 5.8 B) (Hoskin & Schaltegger, 2003).



**Figura 5.8** – Fotografia da catodoluminescência de um exemplar de zircão ígneo (A), que mostra desenvolvimento oscilatório em torno de um núcleo e um zonamento como resultado da distribuição heterogénea de elementos traço, e um zircão metamórfico (B), que mostra uma recristalização em torno de um núcleo (adaptado de Hoskin & Schaltegger, 2003).

Os zircões seleccionados para serem analisados foram recolhidos nas ribeiras da Boina, Torre e Odelouca. Os zircões eram todos incolores e possuíam formas desde arredondadas a euédricas. As análises efectuadas (fig. 5.9) revelaram a existência de espécimes com texturas de zonamento típicas de rochas ígneas e de zircões homogéneos sem nenhum zonamento. Dos zircões analisados, nenhum apresentou estruturas de crescimento típicas de zircões metamórficos.



**Figura 5.9** – Fotografia da catodoluminescência de um exemplar de zircão euédrico da ribeira de Boina analisado por CL, que apresenta um zonamento típico de zircão magmático.

Seria importante analisar por CL os zircões das diferentes formações para as poder comparar com os existentes nos sedimentos detríticos. Se fosse possível distinguir por CL os zircões provenientes do maciço dos existentes nas formações Paleozóicas, estes poderiam servir de traçadores, tal como os zircões com as formas euédricas atrás referidas.

## 6. CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS

Os trabalhos realizados permitiram, de modo geral, aperfeiçoar a metodologia para a separação e estudo de MP na Universidade do Algarve (UALG). Apesar de terem existido algumas condicionantes (ausência de um triturador de rochas e de um separador electromagnético Frantz nas instalações da UALG), foi possível identificar as espécies de MP detríticos existentes nas ribeiras e praias na área de estudo colmatando uma lacuna que existia a este nível para a região. As espécies minerais identificadas foram: zircão, titanite, almandina, estauroлите, andaluzite, cianite, epídoto, turmalina, augite, horneblenda, corindo, ilmenite, rútilo, anatase, ganite, magnetite, cromite e apatite.

A partir da identificação dos MP foi possível efectuar uma avaliação semi-quantitativa da sua abundância, observar a sua distribuição espacial e relações existentes entre os MP das praias e das ribeiras. Todas estas abordagens foram elaboradas num prisma que permitisse, mesmo existindo limitações, indagar as possíveis origens dos MP. Nesse sentido, foi possível constatar que, na generalidade, a distribuição espacial dos MP não é semelhante entre praias e ribeiras. A distribuição de espécies minerais como o zircão, a titanite, a estauroлите, o epídoto e a horneblenda é muito semelhante tanto nas praias como nas ribeiras (fig. 5.1). Ao contrário da granada, da turmalina e do rútilo que são mais abundantes nas praias (fig. 5.2). Existem também diferenças relativamente à distribuição dos MP entre praias da costa oeste e da costa sul. A estauroлите, a anatase-cianite, o epídoto e a turmalina parecem ser mais abundantes na costa oeste do que na costa sul (fig. 5.3).

As observações efectuadas sobre a titanite permitiram avaliar o seu comportamento ao longo da ribeira de Boina. Através da sua morfologia, angulosa na fonte a arredondada nas praias, constatou-se que este mineral consegue resistir à abrasão por mais de 14 km,

tornando-o num bom traçador mineral para o maciço de Monchique do qual é abundante (Sousa, 1926, Pereira, 1940, Kraatz-Koschlau & Hackman, 1967).

Foi ainda possível efectuar observações sobre o zircão que permitiu avaliar a sua diversidade e possíveis origens. Os zircões detríticos são na sua maioria incolores, sem inclusões e maioritariamente arredondados a subarredondado. No caso das amostras aluvionares, estas formas subarredondadas e arredondadas estarão provavelmente associados à contribuição de zircões das formações do Paleozóico (Kraatz-Koschlau & Hackman, 1967). No caso das praias, estas formas estarão provavelmente associadas ao desgaste provocado pela energia do meio (Twenhofel, 1945), e a zircões que chegaram à praia já arredondados. Entre os poucos zircões euédricos observados, destacou-se a presença de uma tipologia típica de rochas alcalinas, até então não documentada nas areias em estudo na região. Uma datação destes zircões seria importante para verificar se seria possível associa-los ao maciço de Monchique e utilizar esta tipologia como traçador sedimentar do maciço. As análises efectuadas aos zircões detríticos por catodoluminescência revelam a existência de espécimes com texturas de zonamento típicas de rochas magmáticas que poderão servir também de traçadores.

Os resultados apresentados no presente trabalho permitem abrir caminho para um leque mais alargado de estudos, uma vez que a partir deste momento fica disponível um conhecimento sobre os MP mais frequentes nas ribeiras e praias do Algarve Ocidental. Atendendo ao exposto, os principais objectivos propostos no início do trabalho foram cumpridos. No entanto, este trabalho deve ser considerado iniciador e deverá ser continuado e complementado. Para complementar o presente trabalho deveriam também ser estudadas as assembleias de MP em amostras de todas as formações que afloram na área de estudo. Deste modo seria possível efectuar um estudo preciso da proveniência dos

minerais existentes nas ribeiras e praias. No mesmo sentido, deveria ser efectuada a determinação quantitativa das proporções de minerais nas ribeiras e ao longo da costa algarvia. Deste modo seria possível verificar se existe uma segregação mineralógica provocada pelas correntes longilitorais ao longo da costa Algarvia. Seria também relevante o estudo das assembleias de MP e das morfologias individuais dos MP nas formações Paleozóicas com o objectivo de inferir sobre a origem dos sedimentos e sobre o grau de metamorfismo que as formações sofreram.

Após o prévio conhecimento quantitativo dos minerais que existem actualmente nas praias e ribeiras do Algarve, a incorporação da análise dos MP no estudo sedimentológico das sondagens efectuadas nos estuários do Algarve seria outra aplicação que poderia revelar-se como um auxiliar para o reconhecimento de condições de hidrodinâmica, reconstruções de paleoambientes e assinatura de diferentes fontes sedimentares.

## 7. BIBLIOGRAFIA

- Ajdanlijsky, G. & Dotzov, D. (2006) *Heavy mineral characteristics of the Neogene-Quaternary sediments from the southern part of the Blagoevgrad Basin, SW Bulgaria*. Ore Geology Reviews, vol. 28, issue 4, pp. 507-524.
- Bettencourt, P., Jouanneau, J. & Legigan, P. (1989) *Origine des sediments du système d'iles barrières de l'Algarve: apport de l'exoscopie des quartz*. Anais do instituto Hidrográfico n.º 10, Lisboa, pp. 51-57.
- Carroll, D. (1953) *Weatherability of zircon*. Journal of Sedimentary Research, vol. 23, n.º 2, pp. 106-116.
- Carvalho, A. (2005) *Geologia sedimentar: Sedimentologia vol. II*. Coleção Sopa de Pedra, Âncora editora, Lisboa, 476 p.
- Cascalho, J. & Carvalho, A. (1991) *Observações sobre minerais pesados da plataforma continental do Algarve*. Gaia, n.º 3, pp. 8.
- Cascalho, J., Magalhães, F., Dias, J. & Carvalho, A. (1994) *Sedimentary unconsolidated cover of the Alentejo continental shelf (First results)*. Gaia, n.º 8, Lisboa, pp.113-118.
- Cascalho, J. (2000) *Mineralogia dos sedimentos arenosos da margem continental setentrional portuguesa*. Tese de Doutoramento. Universidade de Lisboa, 400 p.
- Cawood, P., Nemchid, A., Freeman, M. & Sircombe, K. (2003) *Linking source and sedimentary basin: Detrital zircon record of sediment flux along a modern river system and implications for provenance studies*. Earth and Planetary Science Letters, vol. 210, Issues 1-2, pp. 259-268.
- Choffat, P. (1887) *Recherches sur les terrains secondaire au Sud du Sado*. Com. Trab. Geol. Portugal, Tomo 1 (2), pp. 222-312.
- Corfu, F., Hanchar, J., Hoskin, P. & Kinny, P. (2003) *Atlas of zircon textures*. Reviews in Mineralogy and Geochemistry, n.º 53, American Geological Institute, pp. 469-500
- Crook, T. (1907) *The use of electromagnet in Petrography*. Science Profess, 2 In Carvalho, A. (2004) - *Geologia sedimentar: Sedimentologia vol. II*. Coleção Sopas de Pedra, Ancora editora, Lisboa, 476 pp.
- Dana, E. & Ford, W. (1932) *A textbook of mineralogy with an extended treatise on crystallography and physical mineralogy*. 4ª Edição. John wiley & Sons, Inc., New York, 851 p.
- Deer W., Howie R. & Zussman J. (1992) *An Introduction to the Rock Forming Minerals*. (2<sup>nd</sup> edition). Longman, London, 696 p. Tradução portuguesa para *Minerais constituintes das rochas: uma introdução*. Fundação Calouste Gulbenkian, Lisboa (2000).
- Dias, J. (1988) *Aspectos geológicos do Litoral Algarvio*. Geonovas, vol. 10, Lisboa, pp. 113-128.

Dias, J (2004) *A análise sedimentar e o conhecimento dos sistemas marinhos. Uma introdução à oceanografia geológica*. Livro electrónico acedido pela ultima vez a 26/04/2007 no endereço <http://w3.ualg.pt/%7Ej dias/JAD/indexeB.html>.

Dias, R. (2001) *Neotectónica da região do Algarve*. Tese de Doutoramento, Universidade de Lisboa, 369 p.

Edelman, C. & Doeglas, D. (1933) *Bijdrage tot de petrologie vanhet Nederlandsche Tertiair. Verhandelingen van het Geologisch-Mijnbouwkundig Genootschap voor Nederland en Koloniën*, Geologische Serie, vol. 10, pp. 1 –38. In Dias, J (2004) *A análise sedimentar e o conhecimento dos sistemas marinhos. Uma introdução à oceanografia geológica*. Livro electrónico. Acedido pela ultima vez a 26/04/2007 no endereço <http://w3.ualg.pt/%7Ej dias/JAD/indexeB.html>.

Feio, M. (1952) *A evolução do relevo do Baixo Alentejo e Algarve*. Estudo de Geomorfologia., C.E.G., Lisboa, 186 pp.

Friis, H. (1978) *Heavy-mineral variability in Miocene marine sediments in Denmark: a combined effect of weathering and reworking*. *Sedimentary Geology*, vol. 21, issue 3, pp. 169-188.

Granja, H. (1984). *Étude géomorphologique, sédimentologique et géochimique de la ria Formosa, Algarve, Portugal*. Tese de 3º Ciclo, Université de Bordeaux I, França, 254 p. In Magalhães, F. (2001) *Os sedimentos da plataforma continental Portuguesa: Contrastes espaciais, perspectiva temporal, potencialidades económicas*. Documentos técnicos 34, Instituto Hidrográfico, 287 pp.

González-Clavijo, E. & Valadares, V. (2003) *O Maciço Alcalino de Monchique (SW português): Estrutura e Modelo de Instalação na Crosta Superior*. Comunicações do IGM - Tomo 90, Lisboa, 18 p.

Heimlich, R., Shotwell, L., Cookro, T. & Gawell, M. (1975) *Variability of zircons from the sharon conglomerate of northeastern Ohio*. *Journal of Sedimentary Research*, vol. 54, issue 3, pp. 629-635.

Hoskin, P. & Schaltegger, U. (2003) *The composition of zircon and igneous and metamorphic petrogenesis*. *Reviews in Mineralogy and Geochemistry*, nº 53, American Geological Institute, pp. 27-62.

Klein, C. & Hurlbut, C. (1993) *Manual of Mineralogy*. 21<sup>nd</sup> ed. after JD Dana. John Wiley & Sons., Inc., New York, 681 pp.

Kraatz-Koschlau, K & Hackman, V. (1967) *O sienito eleolítico da serra de Monchique, suas rochas filonianas e de contacto*; Trad. Santos, A., Centro de Estudos de Geologia da Faculdade de Ciências de Lisboa, Lisboa, 107 p.

Lewis, D. & McConchie, D. (1993) *Practical Sedimentology*. Chapman & Hall, Nova York, 213 p.

Lihou, J. & Mange-Rajetzky, M. (1996) *Provenance of the Sardona Flysch, eastern Swiss Alps: example of high-resolution heavy mineral analysis applied to an ultrastable assemblage*. *Sedimentary Geology*, vol. 105, issues 3-4, pp. 141-157.

- Magalhães, F. (2001) *Os sedimentos da plataforma continental Portuguesa: Contrastes espaciais, perspectiva temporal, potencialidades económicas*. Documentos técnicos 34, Instituto Hidrográfico, 287 pp.
- Manuppella, G. (1988) *Litostratigrafia e Tectónica da Bacia Algarvia*. Geonovas, vol. 10, pp. 67-71.
- Manuppella, G. (coord.) et al. (1992) *Notícia explicativa da Carta Geológica da Região do Algarve, na escala de 1:100 000 - Folha Ocidental*. Serviços Geológicos de Portugal, Lisboa, 77 p.
- Masselink, G. & Hughes, M. (2003) *Introduction to coastal processes and geomorphology*. London, Hodder & Stoughton, 368 p.
- McCormack, N. (1998) *The thermal history of the South Portuguese Zone*. Tese de Doutoramento, Universidade de Dublin.
- McCormack, N., Clayton, G. & Fernandes, P. (2006) *A história térmica das rochas do Paleozóico Superior da Zona Sul Portuguesa*. VII Congresso Nacional de Geologia, vol. I, pp. 85-88.
- Moita, I. (1986) *Notícia explicativa da Folha SED 7 e 8 da Carta dos Sedimentos Superficiais da Plataforma Continental (Cabo de S. Vicente ao Rio Guadiana)*. Instituto Hidrográfico, Lisboa.
- Moura, D. (1998) *Litostratigrafia do Neogénico terminal e Plistocénico, na bacia centro-Algarve evolução paleoambiental*. Tese de doutoramento, Universidade do Algarve, Faro, 253 p.
- Morton, A. (1982) *The provenance and diagenesis of Palaeogene sandstones of south-east England as indicated by heavy mineral analysis*. Proc. Geol. Assoc. 93, pp 263–274.
- Morton, A. (1991) *Geochemical studies of detrital heavy minerals and their application to provenance research*. Geological Society, London, Special Publications, vol. 57, pp. 31-45.
- Morton, A., Hallsworth, C. (1999) *Processes controlling the composition of heavy mineral assemblages in sandstones*. Sedimentary Geology, vol. 124, pp. 3-29.
- Morton, A., Claoué-Long, J. & Hallsworth, C. (2001) *Zircon age and heavy mineral constraints on provenance of North Sea Carboniferous sandstones*. Marine and Petroleum Geology, vol. 18, Issue 3, pp. 319-337.
- Morton, A., Whitham, A. & Fanning, C. (2005) *Provenance of Late Cretaceous to Paleocene submarine fan sandstones in the Norwegian Sea: Integration of heavy mineral, mineral chemical and zircon age data*. Sedimentary Geology, vol. 182, Issues 1-4, pp. 3-28.
- Mueller, G. (1967) *Methods in Sedimentary Petrology*. XII, 283 pp. In Suguio, K. (2003) *Geologia Sedimentar*. Edgard Blucher, São Paulo, Brasil, 400 pp.

Munhá, J. (1983) *Low grade metamorphism in the Iberian Pyrite Belt Pyrite*. Comun. Serv. Geol. de Portugal. T. 69, fasc.1, pp. 3-35

Oliveira, J. (coord.), Andrade, A., Antunes, M., Carvalho, D., Coelho, A., Feio, M., Gonçalves, F., Manuppella, G., Marques, B., Monteiro, J., Munhá, J., Oliveira, J., Ramanlho, M., Rey, J., Ribeiro, A., Rocha, R., Zbyszewski, G. (1984) *Noticia explicativa da Folha 7 da Carta Geológica de Portugal - escala 1/200 000*. Serviços Geológicos de Portugal, Lisboa, 77 p.

Palain, C. (1976) *Une série détritique terrigène. Les "grès de Silves": Trias et Lias inférieur du Portugal*. Serv. Geol. Port., Mem. 25, 377 p.

Parfenoff, A., Pomerol, C., Tourenq, J. (1970) *Les minéraux en grains: Méthode d'étude et détermination*. Masson, Paris, 574 p.

Pereira, A. (1990) *A Plataforma litoral do Alentejo e Algarve ocidental - Estudo de Geomorfologia*. Dissertação de Doutoramento em Geografia Física apresentada à Faculdade de Letras da Universidade de Lisboa, Lisboa, 450 p.

Pereira, J. (1940) *Contributo para o estudo das rochas do afloramento eruptivo de Monchique (Portugal)*. Museu e Laboratório Mineralógico e Geológico da Faculdade de Ciências do Porto, Porto, 31 p.

Pereira, R., Ávila, C. & Lima, P. (2005) *Minerais em grãos: Técnicas de colecta, preparação e identificação*. Oficina de textos, São Paulo, 128 pp.

Pettijhon, J., Potter, P. & Siever, R. (1987) *Sand and Sandstone*. Springer-Verlag, New York, 553 p.

Pupin, J. (1980) *Zircon and Granite Petrology*. Contributions to Mineralogy and Petrology 73, pp. 207-220.

Rao, C. (1957) *Beach erosion and concentration of heavy mineral sands*. Journal of Sedimentary Research, vol. 27; nº 2, p. 143-147.

Raymond, A. (1984) *Classification of mélanges* In *Melanges: Their nature, origin and significance*; ed. Raymond, A. Boulder: Geological Society of America, pp. 7-20.

Reed, S. (1996) *Electron microprobe analysis and scanning electron microscopy in Geology*. Cambridge University press, 201 p.

Ribeiro, A., Antunes, M., Ferreira, M., Rocha, R., Soares, A., Zbyszewski, G., Almeida, F., Carvalho, D. & Monteiro, J. (1979) *Introduction à la Géologie Générale du Portugal*. SGP. Lisboa, 113 pp.

Ribeiro, A. Ribeiro, J., Ramalho, M., Silva, L. (1987) *Noticia explicativa da Folha 48-D (Bordeira) da Carta Geológica de Portugal - escala 1/50 000*. Serviços Geológicos de Portugal, Lisboa, 30 p.

Ribeiro, O., Lautensach, H., Daveau, S. (1988) *Geografia de Portugal. II. O ritmo climático e a paisagem*. Lisboa, Ed. Sá da Costa, 623 p.

Rocha, B., Ramalho, M., Manuppella, G., Zbyszewski, G., Coelho, A. (1979) *Notícia explicativa da Folha 51-B (Vila do Bispo) da Carta Geológica de Portugal - escala 1/50 000*. Serviços Geológicos de Portugal, Lisboa, 118 p.

Rock, N. (1983) *Alguns aspectos geológicos, petrológicos e geoquímicos do complexo eruptivo de Monchique*. Comun. Serv. Geol. Portugal, t. 69, fasc. 2, pp. 325-372.

Santos, A. (1973) *Estudo geológico e geoquímico do maciço de Monchique*. Boletim do Museu e laboratório Mineralógico e Geológico da Faculdade de Ciências, vol. 13º, fasc. 2º, Universidade de Lisboa, pp. 143-251.

Sousa, F. (1926) *La Serra de Monchique*. Bulletin de la Société Géologique de France, nº 26, pp. 321-350.

Suguio, K. (2003) *Geologia Sedimentar*. Edgard Blucher, São Paulo, Brasil, 400 pp.

Taborda, R. (1993) *Modelação da dinâmica sedimentar induzida pela ondulação na plataforma continental portuguesa*. Tese de Mestrado, Universidade de Lisboa, 126 pp. In Magalhães, F. (2001) *Os sedimentos da plataforma continental Portuguesa: Contrastes espaciais, perspectiva temporal, potencialidades económicas*. Documentos técnicos 34, Instituto Hidrográfico, 287 pp.

Tucker, M. (2001) *Sedimentary Petrology: An Introduction to the Origin of Sedimentary Rocks*. 3ª edição, Oxford, Blackwell Science. 272 pp.

Twenhofel, W. (1945) *The rounding of sand grains*. Journal of Sedimentary Research. vol. 15, nº 2, pp. 59-71.

Veiga-Pires, C., Moura, D., Rodrigues, B., Machado, N., Campo, L. & Simonetti, A. (2007) *Provenance of Quaternary sands in Algarve (Portugal) revealed by U-Pb ages of detrital zircon*. In Nichols, G., Williams, E., Paola, C. - *Sedimentary Processes, Environments and Basins: a Tribute to Peter Friend*. ISBN: 9781405179225

Weissbrod, T. & Nachmias, J. (1986) *Stratigraphic significance of heavy minerals in the Late Precambrian-Mesozoic clastic sequence ("Nubian Sandstone") in the Near East*. Sedimentary Geology, vol. 47, issues 3-4, pp. 263-291.

## **ANEXOS E APÊNDICES**

---

## ANEXO I

Designação e localização das amostras e as respectivas coordenadas cartesianas Hayford-Gauss militares.

<u>Amostra</u>	<u>Local de amostragem</u>	<u>X</u>	<u>Y</u>	<u>Amostra</u>	<u>Local de amostragem</u>	<u>X</u>	<u>Y</u>
06MONP1	Pedreira de Monchique	161651	36886	SX-1	Ribeira de Seixe	156081	44086
BEN-1	Ribeira de Bensafrim	145516	22396	SX-2	Ribeira de Seixe	154033	45566
BEN-2	Ribeira de Bensafrim	145897	21592	05SEI1	Ribeira de Seixe	154454	46515
06BEN3	Ribeira de Bensafrim	149366	19369	05SEI2	Ribeira de Seixe	146788	48003
BOI-1	Ribeira de Boina	162570	35080	BOR1	Praia da Bordeira	131471	26155
BOI-2	Ribeira de Boina	163459	33284	BOR2	Praia da Bordeira	131471	26155
BOI-3	Ribeira de Boina	163583	30111	BOR3	Ribeira da Bordeira	131471	26155
BOI-4	Ribeira de Boina	164350	24223	BOR4	Ribeira da Bordeira	131471	26155
05BOI1	Ribeira de Boina	162038	31030	05ALJ1	Ribeira de Aljezur	142107	38421
FARE-1	Ribeira de Farelo	157663	35028	05ALJ2	Ribeira de Aljezur	140890	37106
FARE-2	Ribeira de Farelo	157679	24512	06ALJ1	Ribeira de Aljezur	137291	42288
FARE-3	Ribeira de Farelo	158072	26915	06ALJ2	Praia da Amoreira	136986	43163
FARE-4	Ribeira de Farelo	157701	27921	06ODS1	Praia de Odeceixe	141265	52982
TORRE-1	Ribeira da Torre	159519	29372	06PVF1	Praia de Vale Figueiras	134687	31520
TORRE-2	Ribeira da Torre	159798	27835	06AMD1	Praia do Amado	131623	22678
05TOR1	Ribeira da Torre	159114	31003	06CAS1	Praia do Castelejo	127818	15252
06ODI1	Ribeira de Odiáxere	153754	23179	06BCR1	Praia da Boca do rio	139972	11412
06ODI3	Ribeira de Odiáxere	154262	23484	06LUZ1	Praia da Luz	147420	13619
ODE-1	Ribeira de Odelouca	166436	26978	06PGR1	Praia Grande	181016	14571
06ODEL1	Ribeira de Odelouca	168733	35384	06ALV1	Praia do Alvor	158983	17485

## ANEXO II

Minerais atraídos ao separador electromagnético Frantz (adoptado de Parfenoff *et al.*, 1970).

Mineral	Íman	Electroímã frantz com inclinação 15°, fracção atraída a um campo de ... Amperes									
	Natural	0.1 A	0.2 A	0.3 A	0.4 A	0.5 A	0.6 A	0.8 A	1A	A max.	Não mag.

Fracção d >3.3

Aegirina											
Alanite											
Anatase											
Anglesite											
Augite											
Blenda											
Brookite											
Cassiterite											
Cerussite											
Calcopirite											
Cloritóide											
Cromite											
Columbite/Tantalite											
Corindo											
Diamante											
Dióp.-Hedembergite											
Distena											
Epídoto											
Euxenite											
Fergusonite											
Galena											
Granada											
Hematite											
Hornblenda											
Hiperstena											
Ilmenite											
Leucóxena											
Limonite											
Magnetite											
Marcassite											
Martite											
Arsenopirite/Mispickel											
Molibdenite											
Monazite											
Ouro											
Oxido de Manganês											
Olivinas											
Platina											
Pirite											
Pirite óxidada											
Pirocloro											
Piromorfite											
Pirrotite											
Riebequite											
Rútilo											
Scheelite											
Esfena											
Espinelas											
Espinelas cromíferas											
Estaurolite											
Estibina(Actinolite)											
Titanomagnetite											
Topázio											
Volframite											
Xenotime											

Legenda:  
Ocorrência   
Pode ocorrer

Mineral	Iman											
	Natural	Electroiman frantz com inclinação 15°, fracção atraída a um campo de ... Amperes										
	0A	0.1 A	0.2 A	0.3 A	0.4 A	0.5 A	0.6 A	0.8 A	1A	A max.	Não mag.	
	Fracção 2.9<d<3.3											
Andaluzite												
Apatite												
Aragonite												
Biotite												
Clorite												
Clinozoisite												
Diópsido												
Dolomite												
Enstatite												
Euclase												
Fluorite												
Forsterite												
Glaucofana												
Horneblenda												
Olivina												
Fenaquite												
Silimanite												
Espodumena												
Turmalina												
Tremolite-actinolite												
Zoisite												

Legenda:  
 Ocorrência  
 Pode ocorrer



## APÊNDICE I

Composição química elementar, obtidas através de raios-X, de grãos minerais de várias amostras. Na última linha encontra-se o mineral correspondente, determinado após cálculos estequiométricos.

<b>Elem.</b>	<b>FARE1</b>	<b>06ODEL1</b>	<b>BOR 3</b>	<b>06ODS1</b>	<b>BOR3</b>	<b>SX1</b>	<b>05SEI2</b>
O	46.49	40.2	42.07	44.91	46.27	48.86	35.99
Mg	0.22	8.35	1.25	2.78	0	3.68	0
Al	3.53	13.18	30.7	20.83	11.98	18.54	3
Si	14.52	20.62	14.8	19.61	18.18	18.74	22.43
Ca	16.19	3.95	0	0	12.85	0	3.43
Fe	1.01	13.7	11.17	9.77	9.92	7.51	23.77
Zn	0	0	0	0	0	0	0
Ti	18.05	0	0	0	0	0	2.83
Na	0	0	0	2.11	0.81	2.67	7.31
K	0	0	0	0	0	0	1.24
Mn	0	0	0	0	0	0	0
Cr	0	0	0	0	0	0	0
<b>Mineral</b>	<b>Titanite</b>	<b>Granada</b>	<b>Estaurolite</b>	<b>Cianite</b>	<b>Epídoto</b>	<b>Turmalina</b>	<b>Augite</b>

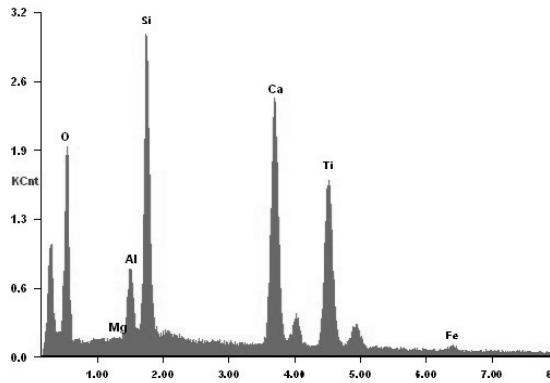
  

<b>Elem.</b>	<b>TORRE1</b>	<b>BOR1</b>	<b>BOR3</b>	<b>BOR1</b>	<b>BOR3</b>	<b>06PGR1</b>
O	33.21	43.68	46.42	41.45	44.74	31.43
Mg	4.62	0	0	0	0	0
Al	7.51	56.32	0	0	0.88	33.3
Si	15.47	0	0	0.75	0.97	0
Ca	12.86	0	0	0	0	0
Fe	15.31	0	21.57	1.58	0	9.12
Zn	0	0	0	0	0	26.15
Ti	6.79	0	32.01	56.22	53.41	0
Na	1.37	0	0	0	0	0
K	2.3	0	0	0	0	0
Mn	0.56	0	0	0	0	0
Cr	0	0	0	0	0	0
<b>Mineral</b>	<b>Horneblenda</b>	<b>Corindo</b>	<b>Ilmenite</b>	<b>Rútilo</b>	<b>Anatase</b>	<b>Ganite</b>

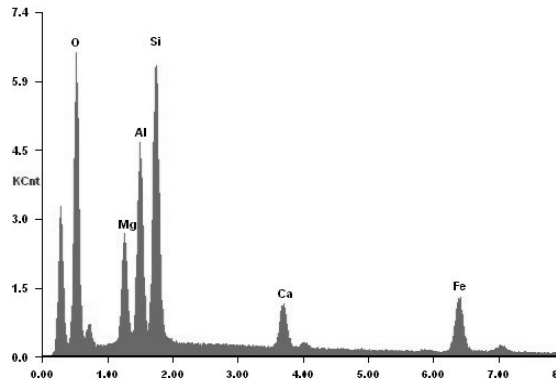
## APÊNDICE II

As figuras apresentadas representam espectros raio-X dos minerais analisados. Entre parênteses encontra-se a referência da amostra onde foi seleccionado o espécime analisado. Cada espectro corresponde à análise do mesmo mineral apresentada no apêndice II, excepto para a andaluzite pois não foi efectuada análise química para este mineral.

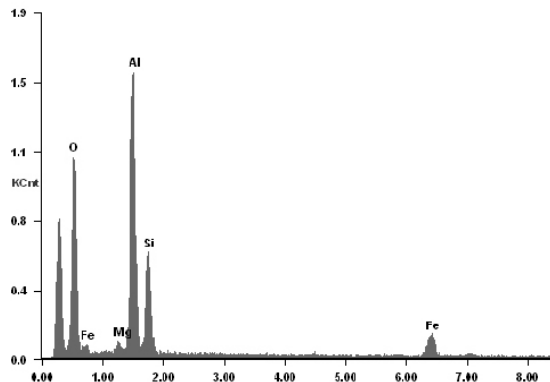
- Titanite (FARE1)



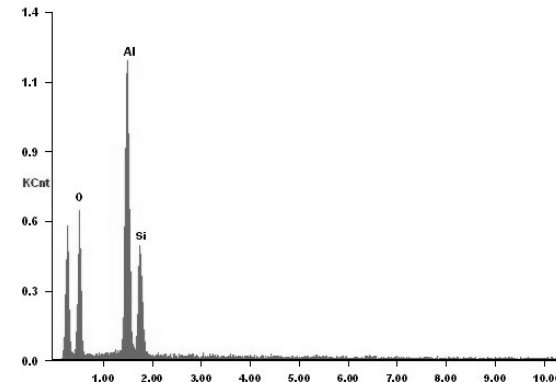
- Granada (06ODEL1)



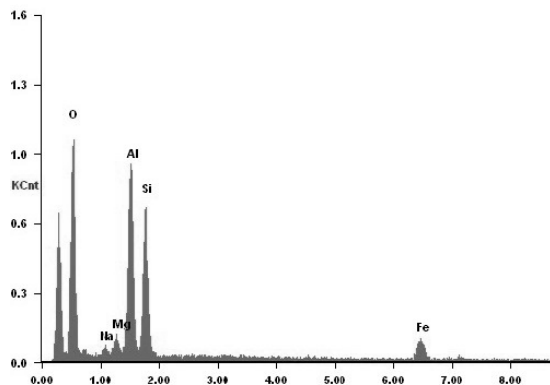
- Estaurolite (BOR3)



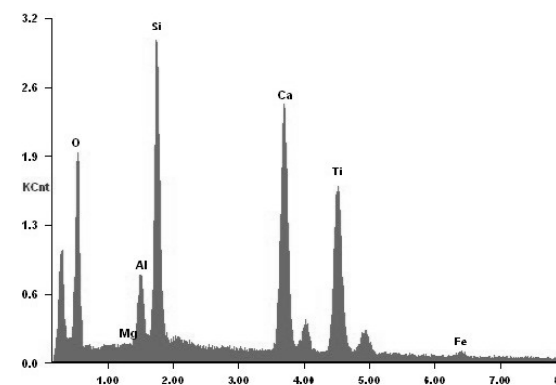
- Andaluzite (BOR2)



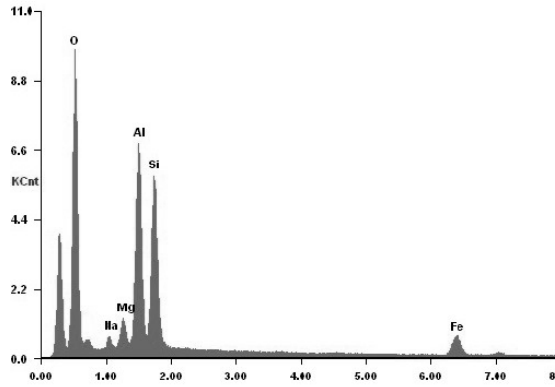
- Cianite (06ODS1)



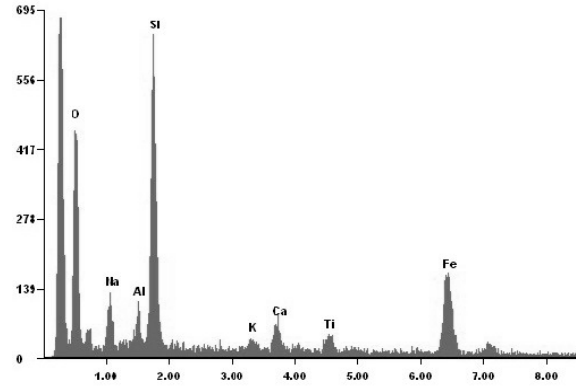
- Epidoto (BOR3)



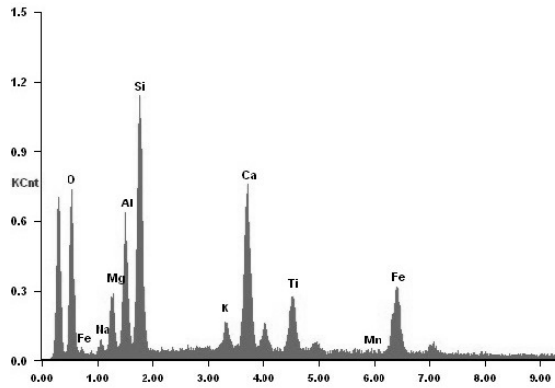
- Turmalina (SX1)



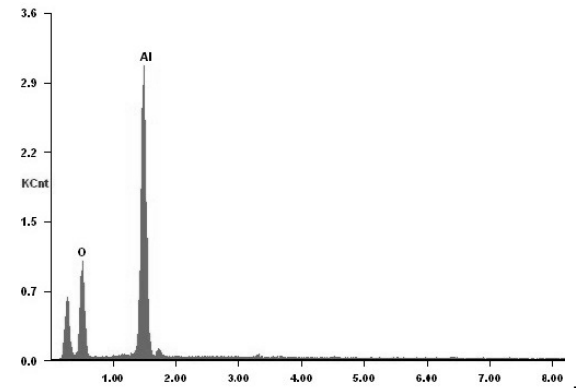
- Augite (05SEI2)



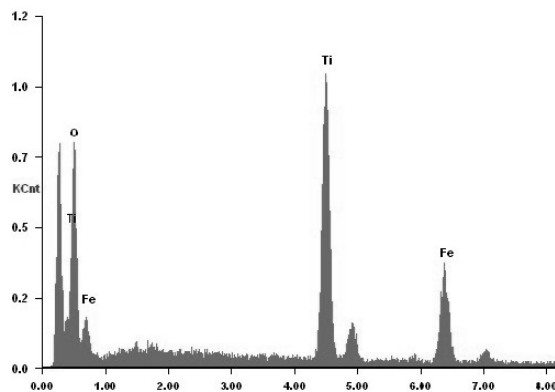
- Horneblenda (TORRE1)



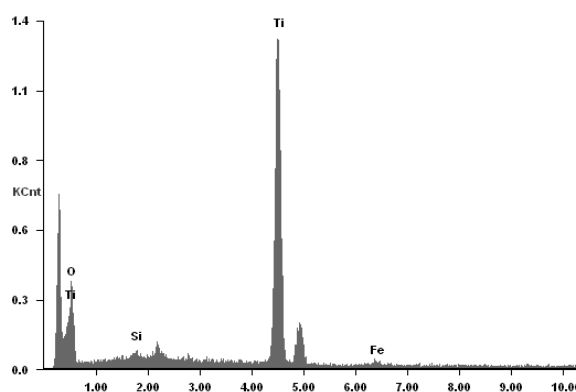
- Corindo (BOR1)



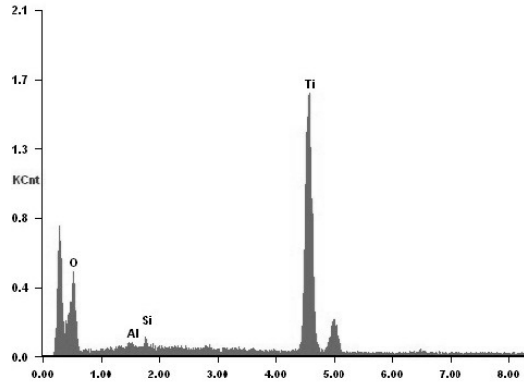
- Ilmenite (BOR3)



- Rútilo (BOR1)



- Anatase (BOR3)



- Ganite (06PGR1)

