

## ALGUMAS CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS E GEOTÉCNICAS DO TERRITÓRIO DE MACAU. RECURSOS GEOLÓGICOS

### *SOME GEOLOGICAL AND GEOTECHNICAL CHARACTERISTICS OF MACAU TERRITORY. GEOLOGICAL RESOURCES*

J. M. Farinha Ramos<sup>1</sup>, J. M. Coteló Neiva<sup>2</sup>

#### RESUMO

Neste trabalho apresentam-se algumas das características da geologia do território de Macau e descrevem-se alguns aspectos da mineralogia, geologia, petrografia e tecnologia dos recursos explorados (pedreiras de inertes graníticos e areias fluvio-marinhas)

**PALAVRAS-CHAVE:** Granitos, depósitos sedimentares, areias graníticas, pedreiras, inertes

#### ABSTRACT

Some characteristics of geology of Macau are described as well as the main aspects of mineralogy, geology and technology of the exploited resources (granitic quarries for aggregates and sands).

#### 1. INTRODUÇÃO

Os trabalhos desenvolvidos para a cartografia geológica de Macau à escala 1/25 000 (Costa e Sousa, 1964 e 1966) e posteriormente 1/5 000 (Ribeiro *et alia*, 1992), bem como alguns trabalhos de índole mais geotécnica (Marques 1988), e ainda alguns de índole mais restrita (Neiva, 1944 e 1946), Mendes (1961) entre outros, permitiram obter um conhecimento mais pormenorizado da morfologia do território e das características mineralógicas, petrográficas, químicas e tecnológicas dos materiais rochosos aflorantes. O facto de se tratar de um território de pequenas dimensões, geologia algo monótona, caracterizado por uma muito forte ocupação urbana e onde o turismo constitui uma importante fonte de recursos, explica, de algum modo, a importância limitada que os recursos geológicos desempenham na economia da Região Administrativa Especial de Macau. Neste trabalho, com base nos estudos de Ribeiro *et alia*, 1992, e outros, resumem-se algumas das características geotécnicas do território, descrevem-se os principais aspectos de natureza mineralógica, química e tecnológica de alguns dos materiais geológicos aflorantes e referem-se os recursos explorados.

#### 2. DESCRIÇÃO GEOLÓGICA SUMÁRIA

O território de Macau é essencialmente constituído por rochas ígneas de natureza granítica, as quais fazem parte integrante de um batólito de maiores dimensões que se segue com alguma continuidade até cerca de 50 km para N (Figura 1). As rochas graníticas são cortadas por rochas filonianas de natureza diversa, intermédia e ácida, que em geral têm expressão limitada. Rochas metassedimentares relacionadas com a cobertura encaixante formam pequenos enclaves de dimensão métrica no seio do granito. Alguns depósitos sedimentares de natureza fluvio-marinha e continental acumularam-se em pequenas bacias originadas pela fracturação do granito. A exiguidade do território, que esteve sob administração portuguesa até 1999, e a intensa ocupação humana determinou um estilo de construção em altura, o que requer estudos pormenorizados de natureza geotécnica que possibilitem a implantação de edifícios e infra-estruturas de grande porte. Daí que algum conhecimento geotécnico do território, com base em campanhas de sondagens geotécnicas realizadas por empresas de construção civil destinadas à implantação dessas edificações. Assim a construção das pontes para a ilha da Taipa e os trabalhos de reconhecimento

<sup>1</sup> Laboratório do INETI de S. Mamede de Infesta farinha.ramos@ineti.pt

<sup>2</sup> Departamento de Ciências da Terra Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra

geológico já iniciados destinados à construção da futura ponte do Delta, ligando Hong Kong a Macau e Zhuaí, têm permitido conhecer em pormenor a estrutura e constituição dos depósitos sedimentares e do substrato granítico regional. A morfologia hoje patente na Região Administrativa Especial de Macau depende da actuação de vários factores, dos quais se salientam: a litologia das formações rochosas aflorantes, a tectónica antiga e recente que afectou a região, responsável pela formação da densa rede de fracturas e cizalhamentos por vezes com instalação de rochas filonianas, o clima quente e húmido que favorece a alteração dos maciços rochosos aflorantes, a diversidade litológica mesmo sendo pouco expressiva, etc.. De facto, as rochas graníticas de granulado mais fino e os filões aplíticos, de microgranito e de quartzo, tendem a sobressair ligeiramente em relevo enquanto os filões andesíticos, mais facilmente alteráveis, tendem a formar zonas deprimidas.

A larga preponderância dos afloramentos graníticos, com composição mineralógica favorável e granulado médio a grosseiro, conjugada com a intensa fracturação dos maciços, favorece a forte alteração geralmente observada e constitui um dos aspectos mais presentes em todo o território de Macau.

Marques (1988), no seu estudo “ Contribuição para o conhecimento geológico e geotécnico do território de Macau”, apresenta vários cortes geológicos e geotécnicos onde se observa que, na península de Macau, a camada de granito alterado pode atingir 40 m em zonas deprimidas, como acontece próximo das Portas do Cerco, enquanto nas zonas elevadas tem desde menos de 1 m a 5 ou 6 m (Figuras 2 e 3). Algumas linhas de alturas podem ser definidas em Macau como as que compreendem as colinas de Mong Há e de D. Maria, Guia, S. Jerónimo e S. Francisco, S. Miguel, Monte, Penha e Barra, sendo o ponto mais elevado na colina da Guia com 104.20 m. Na ilha da Taipa distinguem-se as colinas da Taipa Grande, Taipa Pequena e Universidade, com cota máxima de 160.18 m no vértice Taipa Grande. Nas zonas mais elevadas da Taipa Grande e Taipa Pequena, a camada de alteração atinge valores da ordem de 10 m, mas na zona baixa, compreendida entre as colinas das duas Taipas, o morro da Artilharia e o Hipódromo, a espessura da alteração varia de alguns metros a cerca de 35 m. Na ilha de Coloane, a mais preservada da ocupação humana, a espessura de granito alterado ou moderadamente alterado é particularmente intensa, atingindo em alguns casos 40 m de espessura, embora, localmente, possam ocorrer grandes bolas de granito envolvidas por granito alterado ou fortemente alterado. Várias colinas graníticas estão por vezes limitadas por ravinas importantes, com o ponto mais alto no vértice Coloane Alto com cota 176.45 m.

O processo de alteração começa com a cloritização e desferrição das biotites, que originam a formação de pigmentos avermelhados hematíticos ou amarelo-acastanhados limoníticos que impregnam os feldspatos; estes sofrem igualmente um processo de caulização, transmitindo à rocha alterada e arenizada um tom avermelhado ou amarelo-acastanhado. O desmantelamento das rochas graníticas permitiu a deposição de areias nas zonas baixas e deprimidas, bem como nas zonas litorais.

A tectónica afectou igualmente a morfologia do território, influenciando as formas e dimensões das áreas emersas e a instalação de pequenas linhas de água de traçado rectilíneo (em geral menores que 1 km). Assim, enquanto em Macau o controlo das linhas de água foi feito por fracturas NW-SE e NE-SW, em Coloane as orientações predominantes são E-W, WNW-ESE e NNE-SSW, e na Taipa se reconhece algum controlo por fracturas NE-SW, NW-SE e N-S.

A interacção entre estas fracturas determinou, como aspectos mais salientes da morfologia local, a ocorrência de morros e colinas graníticas, por vezes com pendores fortes, e áreas deprimidas que correspondem a bacias de recepção onde se depositaram sedimentos recentes arcócos e depósitos de vertente. A morfologia do território tem sido ainda fortemente modificada pela construção de depósitos artificiais (os aterros), que têm permitido conquistar ao mar áreas relativamente significativas como as que permitiram unir a Ilha Verde à península de Macau, a Taipa Grande e Taipa Pequena, as das regiões de Praia Grande, Porto Exterior, Areia Preta, Hipódromo, Patane, e, mais recentemente, as que permitiram a instalação do aeroporto, da Torre de Macau, e as que uniram as ilhas da Taipa e Coloane, etc., e que alteraram fortemente a fisiografia do território. Nalgumas bacias e enseadas depositaram-se por vezes areias de praia, as quais têm maior relevância nas praias de Hac Sá e Cheoc Van. Rocha e Torquato (1967) estudaram alguns aspectos mineralógicos e de microfósseis das areias de praia das ilhas da Taipa e Coloane, concluindo que estas areias estão em parte contaminadas por materiais eólicos provenientes de dunas dos territórios próximos.

As rochas ígneas graníticas ocupam a maior parte do território e têm características calco-alcálicas. As fácies graníticas dominantes apresentam grão médio a grosseiro, enquanto outras, menos representadas, contrastam pela sua granularidade bastante mais fina. O granito de Macau aflora bem, principalmente nas zonas da Barra e da Guia.

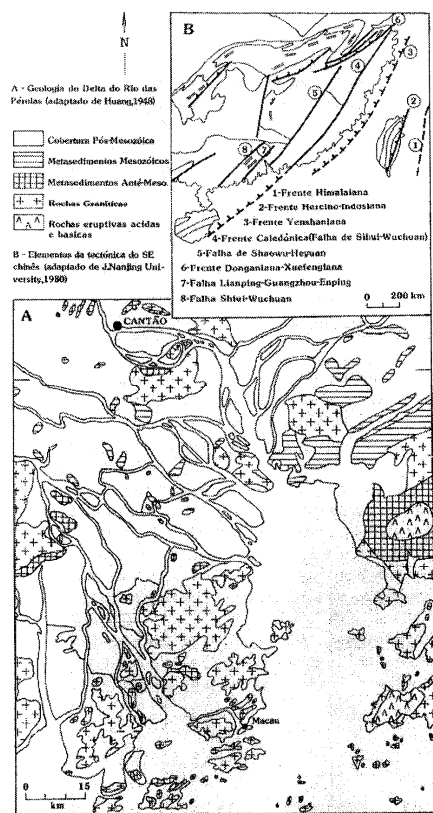


Figura 1 – Localização de Macau no contexto regional

É uma fácies biotítica de grão médio (4 a 20 mm) e esparsos megacristais de feldspato. Na zona da Barra, passa, por vezes progressivamente, ao granito de grão fino. Nalguns locais, especialmente em zonas de fracturação, ocorre esmagado e rubificado. O granito da Taipa aflora muito bem quer na Taipa Grande, quer na Taipa Pequena e no Morro da Universidade. Em todas estas zonas, apresenta características muito semelhantes, de que se ressaltam granularidade média, geralmente entre 4 e 10 mm, composição biotítica e forte cataclase, e ocasionalmente rubeficação. Raramente apresenta megacristais, que não ultrapassam 4mm. Por vezes, a intensa tectonização confere-lhe alguma heterogeneidade na distribuição da biotite, como acontece na escarpa a norte da Praia de Nossa Senhora da Esperança. Nas zonas de fracturação, observa-se, por vezes, silicificação, atingindo dimensões métricas, epidotização e venulação feldspática. Nalguns locais existe mesmo brechificação, que se traduz pela presença de maior quantidade de quartzo com contornos arredondados, numa matriz de natureza sericitica, onde permanecem alguns cristais residuais de feldspato. O granito de Coloane está bem exposto em toda a ilha do mesmo nome, embora melhor conservado nas regiões litorais. No interior da ilha apresenta-se em geral algo alterado (arenizado), mas por vezes grandes blocos arredondados constituem núcleos resistentes à erosão. Na pedreira de Coloane, situada a NE da aldeia da Esperança as frentes apresentam granito fresco, apesar de bastante fracturado, com epidotização e silicificação, em faixas decimétricas, e alguma venulação feldspática.



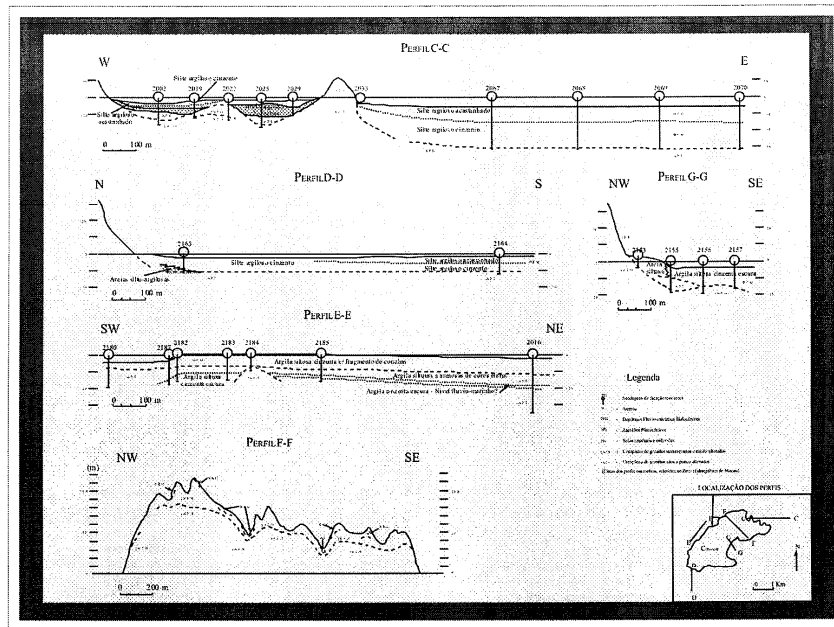


Figura 3 – Perfis geológicos na Ilha de Coloane, segundo Marques (1988).

### 3. DEPÓSITOS DE COBERTURA

A sistematização destes depósitos não foi fácil de estabelecer, dadas as dificuldades de observação, a sua modificação pela acção humana e, ainda, a ausência de fósseis. Os dados recolhidos levaram-nos a considerar cinco grupos principais, os quais se paralelizam com as unidades definidas por Costa & Sousa (1964): Depósitos arcósicos; depósitos de vertente; depósitos de praia e cordão litoral; aluviões; depósitos artificiais e aterros;

#### 3.1 - Depósitos arcósicos

Foram considerados nesta rubrica os depósitos situados na ilha de Coloane, a leste da povoação de Coloane e imediações da povoação de Hac Sá e, ainda, na ilha da Taipa, entre o morro da Universidade e a colina da Taipa Grande. Os afloramentos da ilha de Taipa estão mal conservados, pelo que os estudos incidiram exclusivamente em material proveniente da ilha de Coloane. Em nenhum caso se obtiveram dados que possibilitassem a datação directa destes depósitos, pelo que, rigorosamente, apenas se pode dizer que são posteriores à fracturação tardienshaniana que afectou as rochas ígneas aflorantes. A sua localização na coluna estratigráfica estabelecida resultou de correlação litológica com depósitos equivalentes observados nas regiões de Cantão, Hong Kong e Kowloon (Huang, 1948, Strang, 1984-1985; Arthurton & Lai, 1984-1986). As litologias observadas compreendem arenitos arcósicos (quartzofeldspáticos) de matriz escassa, predominantemente caulínica. Ocasionalmente apresentam intercalações decimétricas, lenticulares, de materiais de natureza argilosa e de arenitos ferruginosos. Como se observa na Tabela 1, os diversos níveis arcósicos caracterizam-se pela abundância de quartzo e os níveis argilosos pela preponderância de caulinite. Este é, aliás, o mineral argiloso mais frequente em todos os depósitos regionais, estando também a gibsite e ilite sempre presentes. Embora se registre alguma diversidade na maioria das amostras, os calibres superiores a 0.5 mm representam cerca de 50 % do material, enquanto os calibres finos abaixo dos 0.004 mm representam cerca de 10% na maior parte das amostras estudadas. A

fracção pesada das arcoses representa, em todas as amostras estudadas, menos de 3.5 % e é representada essencialmente por turmalina, zircão, biotite, clorite, granada, ilmenite, etc. (Tabela 2).

Tabela 1 – Composição Mineralógica dos Depósitos Arcósicos

Amostras	Amostra Integral (%)						Fracção < 2 µm										
	K	Go	Q	Fk	Gi	Cc	V	I/Mt	I	K	L	Go	Q	Fk	Gi	Hem	Anf
C 14	21		65	13	Vest.	1	Vest.	1	4	92							
C 15	62		19	15	1	3	1	1	2	91			Vest.	2	3		
C 16	8		82	7	1	2	1	3	5	86			Vest.	Vest.	4		
C 17	Vest.	Vest.	80	16	Vest.	3	1	2	6	68	3	17		Vest.	2		
C 18			92	7	Vest.	1	1	2	4	85	1		Vest.	Vest.	6		Vest.
C 19	Vest.		79	18	Vest.	2	1	5	8	79			1	Vest.	6		
C 7*	69		31		Vest.			2	95						3	Vest.	

K-Caulinite; Go – Goetite; Q – Quartzo; Fk – Feldspato Potássico; Gi – Gipsite; Cc – Calcite; V – Vermiculite; I/Mt – Ilite - Montemorlonite; I – Ilite; L – Lepidocrocite; Hem – Hematite; Anf – Anfíbola. \* Eluvium granítico em zona de fracturação e esmagamento.

Tabela 2 - Mineralogia dos Depósitos Arcósicos Fracção Pesada

Amostras	C 14		C 16		C 17		C 18		C 19		C 7*	
Peso Total (g)	21.85		27.96		23.85		7.02		30.0		11.07	
Frac. Pesada (g)	0.02		0.03		0.87		0.01		0.03		0.12	
% Frac. Pesada	0.09		0.09		3.28		0.14		0.09		1.06	
Minerais	%	Dm	%	Dm	%	Dm	%	Dm	%	Dm	%	Dm
Turmalina	22.50	145	9.58	119	0.71	115	7.22	156	20.79	109		
Zircão	17.79	59	18.46	75	1.70	96	9.33	95	24.13	77	3.05	76
Granada	7.47	95	5.97	91	0.21	88	17.10	107	15.50	80	0.08	60
Biotite	8.54	173	11.37	113	2.21	113	3.39	96	0.26	71	0.26	110
Clorite			18.11	147	5.23	314	10.57	151	0.61	134	54.08	156
Epidoto	8.85	74	2.93	79	0.01	22	2.75	73	2.68	64	0.12	75
Ilmenite	6.59	85	9.82	81	0.60	87	8.45	108	9.14	70	0.27	64
Magnetite	1.76	116	0.52	61	3.54	172	0.14	62	1.03	71	3.01	84
Rútilo	3.47	78	4.66	75	0.65	76	4.99	130	4.36	70	0.88	57
Xenótimo	1.15	76	0.44	68			0.90	99	0.43	92	0.23	102
Andaluzite	0.15	59										
Moscovite	0.30	82	0.80	93	0.16	63	1.42	105	0.43	92		
Ox. Fe Hidra.o	0.41	79	4.78	92			12.20	142	1.76	111	17.24	132
Aluminossil. Fe	4.56	186			57.49	145						
Silicofosfa. Th	2.68	123							0.35	83		
Óxido Zn hidrat			5.08	176			5.26	119	0.14	63		
Monazite			0.44	80					0.14	59		
Piroxena			0.37	89								
Felgusonite							0.77	145				
Apatite							0.09	49				
Columbite									0.66	139		
Coríndo									0.05	39		
Pirite											0.01	17
Mistos	14.18	131	6.66	74	27.48	128	15.42	104	17.56	142	20.77	110
<b>Soma</b>	<b>100.0</b>		<b>100.0</b>		<b>100.0</b>		<b>100.0</b>		<b>100.0</b>		<b>100.0</b>	

\* - Eluvium granítico em zona de fracturação e esmagamento

- Dm - Diâmetro médio em µm

Verifica-se assim que os constituintes das arcoses são essencialmente os das rochas regionais aflorantes e produtos da sua meteorização. Este facto evidencia a sua génese a partir destas mesmas rochas.

### 3.2. Depósitos de vertente

Este tipo de depósito foi observado nas ilhas de Taipa e Coloane. Em geral são constituídos por materiais conglomeráticos, grosseiros, heterométricos, essencialmente constituídos por granitos, quartzo e outras litologias correspondentes a rochas filonianas regionais, aglutinados por matriz argilo-arenosa de cor vermelha acastanhada. Ocorrem, muitas vezes, em vertentes abruptas e no encosto de escarpas de falha que fossilizam.

### 3.3. Depósitos de praia e cordão litoral

Sob esta designação incluem-se os depósitos arenosos, de origem fluvio-marinha e eólica que ocorrem nas zonas abrigadas do litoral. Consideraram-se dois tipos principais: Depósitos de praia e depósitos de cordão litoral, mantendo as classificações anteriores e tendo em atenção a maior ou menor percentagem de areias eólicas presente.

### 3.4. Depósitos de Praia

Em Macau, foram citados na região da Enseada da Areia Preta (Costa & Sousa, 1964), mas não puderam ser cartografados, por se encontrarem sob depósitos artificiais. Nas ilhas de Taipa e Coloane foram cartografados em vários locais como os que seguem: Nas baías de Pak On, Hac Sá, Cheoc Van, Ká Hó, Lai Chi Van, na região do Reservatório, em pequenas enseadas junto à povoação de Coloane, etc.

Recolheram-se algumas amostras de areias nas praias de Hac Sá e de Cheoc Van, cujos resultados se apresentam nas Tabelas 3 e 4. Estas tabelas mostram grande diversidade mineralógica, envolvendo espécies não encontradas nas fácies regionais, embora estas, como é óbvio, sejam as que ocorrem em predominância. Hac Sá apresenta, como característica principal, elevada quantidade de clorite (cerca de 1/3 da fracção leve), o que, juntamente com a elevada percentagem de matéria orgânica que também possui, contribui para a sua coloração escura. Esta praia apresenta-se, também, mais homogénea em termos de distribuição dos minerais pesados. Estes factos demonstram diferenças na acção das correntes marinhas no transporte e homogeneização dos materiais que transportam.

Tabela 3 – Mineralogia das Areias (Fracção Leve)

Amostra	Choc Van 2		Hac Sá 2		Hac Sá 3		Hac Sá 4		Hac Sá (Média)		Hac Sá 5	
	Areia de Praia		Areia de Praia		Areia de Praia		Areia de Praia		Areia de Praia		Cordão Litoral	
P. T. Am	10.94		50.76		34.73		59.42		48.30		105.32	
P.F.L.	10.91		50.72		34.70		59.37		48.26		105.17	
% F.L.	99.68		99.92		99.92		99.91		99.92		99.86	
Minerais	(%)	D.m (µ)	(%)	D.m (µ)	(%)	D.m (µ)	(%)	D.m (µ)	(%)	D.m (µ)	(%)	D.m (µ)
Quartzo	69.06	285	64.06	244	54.32	197	46.86	155	55.08	199	54.14	177
FeldspatoK	22.57	295	1091	224	10.10	186	5.82	141	8.94	184	6.85	180
Albite	5.42	291	1.02	228	2.28	189	2.23	148	1.84	188	1.25	130
Calcite	1.18	136			0.57	138			0.19	138		
Sil.AL.Hidr	0.77	194										
Clorite	0.72	121	22.82	176	29.80	159	41.48	159	31.37	165	31.72	162
Biotite	0.07	89	0.05	82	0.16	138	0.22	132	0.14	117	0.12	108
Moscovite	0.02	55			0.10	107	0.10	89	0.07	63	0.12	108
Epidoto	0.01	44										
Turmalina							0.13	103	0.04	103		
Rútilo							0.06	32	0.02	32		
Mistos	0.18	178	1.14	170	2.66	149	3.10	141	2.30	160	5.50	169

Dm- Diâmetro medio

### 3.5. Depósitos de Cordão Litoral

Sob esta designação incluíram-se os depósitos de areias finas, bem calibradas, com evidência de transporte eólico, já referidas na bibliografia (Costa & Sousa, 1964; Marques, 1988). Estes depósitos encontram-se actualmente muito devassados pela acção humana, que os tornou incharacterísticos. Ocorrem areias deste tipo nos seguintes locais: Região de Pak On, ilha de Taipa e Região de Hac Sá, ilha de Coloane.

Na ilha da Taipa, esta formação assenta em depósitos arcóscicos, enquanto em Coloane estão intimamente associadas às areias de praia, sendo impossível tirar inferências de carácter estratigráfico. A amostra estudada foi recolhida na região de Hac Sá. Corresponde a materiais pouco polidos, apresentando granulometria mais fina que as areias de praia, como se pode observar nas Tabelas 4 e 5 (Am. Hac Sá 5).

### 3.6. Aluviões

Este tipo de depósitos estão associados às linhas de água mais importantes, tendo sido ainda considerados nesta rubrica os depósitos da Baía de Nossa Senhora da Esperança, junto às povoações de Cheoc Ká e Sam Ká, junto às povoações de Coloane, Ká Hó, Hac Sá e, na região do Reservatório. São constituídos por materiais finos, argilosos, de cor castanha a negra, com grande quantidade de matéria orgânica e alguma percentagem de fracção areno-siltosa.

Tabela 4 - Mineralogia das Areias Fracção Pesada

Amostras	Cheoc Van Composição média (4 Amostras)		Hac Sá Composição média (4 Amostras)		Hac Sá 5 Areia de duna	
	%	Dm	%	Dm	%	Dm
Biotite	24.87	247	30.22	191	14.32	22
Clorite	9.11	247	11.87	149	15.98	184
Aragonite	36.27	264	1.97	220		
Magnetite	7.08	182	1.46	99	6.16	145
Ox. Fe hidratados.	2.37	193	3.80	121	9.00	203
Turmalina	1.83	113	6.64	126	12.53	142
Granada	2.87	115	2.19	129	4.43	132
Epidoto	1.38	151	2.34	102	2.44	109
Ilmenite	0.60	98	1.17	74	1.79	80
Rútilo	0.57	141	1.56	87	2.89	94
Andaluzite	0.24	118	2.69	152	0.79	127
Zircão	0.71	86	0.73	72	2.17	81
Apatite	0.14	130	0.58	99	0.64	163
Augite	0.37	76	3.49	103	2.55	105
Esfena	0.10	68	0.27	82	0.26	104
Dolomite	0.02	38	0.01	35		
Corindo	0.04	94	0.11	69	0.19	89
Xenótimo	0.51	228	0.10	65	0.13	74
Silic.Th,Nb, U	0.07	147				
Pirite	0.08	155	0.12	77		
Monazite	0.01	46	0.17	69		
Óxido Fe e Al			0.06	89		
Cromite			0.23	114	0.89	192
Óxidos de Mn			0.06	89	0.54	150
Anfibola			0.11	86		
Óxido de Zn			0.14	124		
Aluminossil Fe			1.21	135		
Moscovite	1.14	179	3.80	187	6.60	247
Mistos	9.62	218	22.90	137	15.70	170
<b>Soma</b>	<b>100.0</b>		<b>100.0</b>		<b>100.0</b>	

Dm --Diâmetro médio

### 3.7. Artificiais

Possuem larga representação no Território, cobrindo extensões importantes e ocupando a maior parte das zonas baixas da península de Macau e ilha da Taipa. Assentam sobre todos os outros tipos de depósitos e no substrato granítico. Em Coloane têm sido construídos aterros, principalmente, nas zonas de Seac Pai Van e Tai Van e entre a ilha de Coloane e a ilha da Taipa.

A fisionomia do território tem sido largamente modificada pela construção de depósitos artificiais em terrenos conquistados ao mar, dada a necessidade de aumentar as áreas emersas e pela construção de obras de engenharia.

Normalmente são constituídos por todos os tipos de areias "on" e "offshore", entulhos e blocos de granito.

## 4. RECURSOS MINERAIS

Entre os recursos minerais consideraremos três tipos principais - minérios metálicos, minérios não metálicos e recursos hídricos.

### 4.1. Minérios metálicos

Não são conhecidas referências concretas a qualquer tipo de exploração de minérios metálicos no território, embora Costa & Sousa, 1964, refiram que durante o período da 2ª guerra mundial teriam sido feitas algumas tentativas, não confirmadas, para exploração de volframate.

No território de Hong Kong, onde afloram predominantemente rochas ígneas similares não existem também explorações mineiras de minérios metálicos, mas algumas áreas foram sujeitas a intensos trabalhos de pesquisa, como as regiões de Devil's Peak e Rennie's Mill, onde ocorre um granito fino greisenizado e alguns filões quartzosos WNW-ESE com espessuras de 0.1 m a 1,5m, sub-verticais, que cortam o granito e contêm mineralizações de fluorite, calcopirite, molibdenite, volframate e berilo (Strange & Shaw, 1986). Outras ocorrências dispersas de berilo são referidas pelos mesmos autores. Alguns ninhos pegmatíticos, que ocorrem no seio do granito, apresentam mineralizações de berilo, ou molibdenite, etc. No que diz respeito aos recursos minerais não metálicos a região de Hong Kong produz apenas agregados (britas, gravilhas, etc.) em várias pedreiras de granito, importantes, e caulino numa mina a Este de Kowloon, a qual produziu, em 1985, 25.500t. O caulino formou-se por alteração hidrotermal dum sienito quartzoso.

No território de Macau, apesar de não existirem ocorrências com interesse mineiro, há, no que respeita aos minérios metálicos, uma complexa mineralogia, quer nas rochas graníticas quer nas rochas filonianas. Entre os elementos analisados, rocha total, verificou-se que o granito de Macau apresentou os maiores índices de Th e W (respectivamente 46 e 22 ppm); no entanto os estudos em lâmina delgada apontam no sentido de maior concentração dos minerais com Sn, Nb e Ta, nas fácies micrograníticas, aplíticas e pegmatíticas, enquanto os minerais concentradores de Y, U, Th e REE, ocorram nos granitos e com certa frequência, nos enclaves máficos e nos filões andesíticos. A título de curiosidade, refere-se que o índice de mineralização metálica mais importante observado no campo, foi um filonete de pirite maciça com dimensão métrica e 10cm de espessura (local de coordenadas M=21200; P=14675).

Também os depósitos sedimentares (que apenas foram observados "onshore") não revelaram concentrações significativas de minérios metálicos. Não é de excluir a possibilidade de ocorrências de mineralizações deste tipo "offshore".

### 4.2. Minérios não metálicos

Neste tipo de minérios consideram-se os granitos industriais, ornamentais, argilas, caulinos e areias.

#### Granito industrial

A única actividade extractiva em laboração no Território consiste na exploração do granito para pedra industrial (brita, rachão, etc.). Neste momento esta actividade está apenas circunscrita a uma única pedreira, na ilha de Coloane, embora no passado tenha havido exploração em vários locais das ilhas de Taipa (5) e Coloane (9), Costa & Sousa, *op. cit.*.

De uma forma geral o granito da pedreira de Coloane apresenta-se suficientemente são para produzir britas com coeficiente de desgaste aceitável.

### Granito ornamental

Recolheram-se algumas amostras na pedreira de Coloane e junto à povoação de Coloane com o objectivo de determinar as características físico-mecânicas do granito nestes locais, tomados como os mais favoráveis. As médias dos resultados dos ensaios, apresentados a seguir, foram efectuados no Lab. DGGM, Porto:

- Resistência à compressão uniaxial (Norma DIN 52105) .....	998 kg/cm <sup>2</sup> ;
- Resistência à compressão uniaxial após ensaio de gelividade (Normas DIN 52104 e 52105).....	1090 kg/cm <sup>2</sup> ;
- Resistência à flexão sob carga centrada (Norma DIN 52112) .....	153 kg/cm <sup>2</sup> ;
- Massa volúmica aparente (Norma DIN 52102) .....	2622 kg/m <sup>3</sup> ;
- Absorção de água à pressão atmosférica (Norma DIN 52103) .....	0,26 % do peso seco;
- Porosidade aberta (Norma DIN 52103) .....	0,68 % do volume;
- Coeficiente de dilatação térmica linear entre 0 e 80°C valor máximo obtido .....	7,7×10 <sup>-6</sup> / °C
- Resistência ao desgaste (Norma portuguesa NP 309) .....	0,15 mm / 200 m;
- Resistência ao choque altura mínima de queda .....	55cm.

Não foram notadas quaisquer modificações na cor ou na estrutura dos provetes depois dos 25 ciclos de gelo/degelo efectuados.

Estes dados permitem concluir que se trata de uma rocha com aplicação ornamental para interiores e exteriores, nomeadamente sob a forma de placas polidas.

As características físico-mecânicas do granito de Coloane, a sua razoável homogeneidade textural, a densidade relativamente baixa de defeitos (encraves/filões) e existência de áreas onde a fracturação é pouco densa propiciam o aproveitamento deste granito como pedra ornamental. Como exemplo de áreas favoráveis citam-se os locais de coordenadas M= 22200, P= 9500; M= 21550, P=9925. Em qualquer destes locais a fracturação principal é suficientemente espaçada e com ângulos favoráveis (sub-ortogonal).

### 4.3. Argilas

Embora ocorram depósitos sedimentares arcóscicos nas ilhas de Taipa e Coloane, apenas nesta última ilha se observou uma lenticula de material argiloso sem qualquer continuidade. Como referido neste nível existe larga predominância de caulinite sob os restantes minerais. Os dados de que se dispõe apontam no sentido de estes materiais não terem aproveitamento industrial. Por outro lado, nas zonas de forte esmagamento e alteração do granito de Coloane existe forte enriquecimento em caulinite e remoção de parte significativa de quartzo (Tab.1, Am C7). Assim, embora exista possibilidade de se obterem materiais com elevadas percentagens de minerais argilosos nestas zonas, os dados disponíveis não aconselham o seu aproveitamento industrial.

### 4.4. Areias

As areias de praia e cordão litoral, tal como as das zonas imersas, são de águas salobras e, por isso, não aconselháveis para utilização na construção civil. Como alternativa parcial, poderá considerar-se a exploração, lavagem e crivagem de saibros graníticos, aproveitando algumas áreas onde o granito de Coloane ocorre bastante arenizado, por exemplo nas imediações da barragem de Ká Hó. O tratamento de saibros produz, no entanto, areias de 2ª qualidade quando comparadas com as fluviais. Este processo implicaria no entanto definição de reservas, instalação de oficina de tratamento e provocaria, entre outros, a degradação das áreas florestadas e do ambiente em geral, o que deverá ser tomado em conta.

### 4.5. Recursos hídricos

As fracturas abertas (especialmente o sistema NW-SE e NNE-SSW), os filões quartzosos e de rochas básicas de maiores dimensões constituem as armadilhas estruturais, mais importantes que drenam as águas de infiltração. Mesmo assim, não se observaram nascentes importantes em parte alguma do Território. Daí a necessidade da construção de reservatórios e pequenas barragens que armazenem as águas de ocorrência pluvial, constituindo reservas estratégicas.

## BIBLIOGRAFIA

- Arthurton, R.S., & Lai, K.W., (1984-1986)- Tsing Shan (Castle Peak) solid and superficial geology, sheet 5 , Hong Kong Geological Survey.
- Costa, J.C., & Sousa, M.J.L.,(1964) – Fisiografia e geologia da província de Macau. Ed. Centro de Informação e Turismo. Imprensa Nacional.
- Huang, T.K., (1948) – General geological Map of China. Canton (NF-49). Geological Survey of China. Nanking. Ed. China United Press. Ld., Shangai China.
- Marques, F.M.S.F., (1988) – Contribuição para o conhecimento geológico e geotécnico do território de Macau. Tese de mestrado. Departamento de Geologia Fac. Cienc.Univ. de Lisboa, 184 págs.
- Mendes, F., (1966) – Determinação pelo método rubídio-estroncio, da idade absoluta de três biotites provenientes de granitos da província de Macau. *Garcia da Horta*, 14 (2) págs 169 a 177. Lisboa.
- Neiva, J.M., (1944) – Rochas eruptivas da península de Macau e das Ilhas da Taípa e Coloane. *Boletim da Sociedade Geológica de Portugal*, 3 (3) págs 145 a 180.
- Neiva, J.M., (1946) – Uma rocha basáltica de Macau. *Boletim da Sociedade Geológica de Portugal*, 5 (3) págs 165 a 170.
- Ribeiro, M., L. Ramos, J.M.F., Pereira, E., Dias, R., (1992) - Carta Geológica de Macau à escala 1/5000. *Notícia Explicativa*, 46 págs.
- Rocha, A.T., & Torquato, J.R., (1967) – Contribuição para o conhecimento da mineralogia das arcias de praia das ilhas da Taípa e de Coloane (Província Portuguesa da Macau). *Bol. Inst.Invest. Cient. De Angola*, 4(1),págs 89 a 104. Luanda.
- Strange, P. J. (1984 - 1985) – Hong Kong & Kowloon, solid and superficial geology, sheet 11, Hong Kong Geological Survey.
- Strange, P.J., & Shaw, R., (1986) – Geology of Hong Kong Island and Kowloon 1:20.000 sheets 11 & 15 Civil Engineering Services Department. Hong Kong.