

## CARACTERIZAÇÃO FÍSICA DO MÁRMORE PORTUGUÊS, ESTUDOS PRELIMINARES COM VISTA À OPTIMIZAÇÃO DA SUA APLICAÇÃO EM OBRA

Martins, R.V.<sup>1</sup>; Menningen, J.<sup>2</sup>; Lopes, L.<sup>3</sup>; Sousa, L.<sup>4</sup>; Siegesmund, S.<sup>4</sup>

1 – Departamento de Geociências, ECT, Universidade de Évora, Portugal

2 e 5 – Department of Structural Geology and Geodynamics, Geoscience Centre of the University of Gottingen, Germany

3 – Dep. Geociências, ECT, Univ. Évora, Portugal; Instituto de Ciências da Terra, FCT – Portugal; Associação Cluster Mineral Portugal Resources

4 – Departamento de Geologia, Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, Portugal



### 1 – INTRODUÇÃO

O ensaio de ultra-sons baseia-se na medição do tempo que uma onda de alta frequência demora a atravessar um corpo. Para tal são definidos dois pontos diametralmente opostos, onde num é colocado um transdutor que irá converter um impulso eléctrico numa onda ultra-sónica e noutro, um transdutor receptor que volta a converter a onda num sinal eléctrico. A monitorização numa unidade central do aparelho, permite determinar a velocidade de propagação da onda, possibilitando uma caracterização física do corpo a ensaiar.

### 2 – OBJECTIVOS

Pretendeu-se com este ensaio determinar uma velocidade padrão para os diversos tipos de mármore, bem como para as diferentes direcções, em relação à foliação.

Sendo o mármore uma rocha essencialmente monomineralica, esta padronização possibilitará a determinação de eventuais defeitos estruturais, nomeadamente descontinuidades, que possam existir no interior de blocos comercializáveis, quando se verificar velocidades inferiores àquelas que são típicas nos mármore.

### 3 – MÉTODOS

Os registos foram obtidos com recurso a um Fluke 192 e Generator USG30, Scopemeter 60 MHz 500 MS/s, um programa LightHouse 2000 – SM, transdutor emissor UPG, 250 kHz e transdutor receptor UPE-T. A frequência utilizada foi de 250 kHz, obtendo-se a medição directa das ondas P (Vp).

As medições foram efectuadas em cubos com 6,5 cm de aresta (Fig. 1), tendo em consideração a microfoliação característica destes mármore, considerando-se os três eixos ortogonais (Fig. 2): X e Y segundo o plano da foliação e Z perpendicular a esta.



Figura 1 - Provetes preparados para ensaio, com a foliação devidamente marcada.

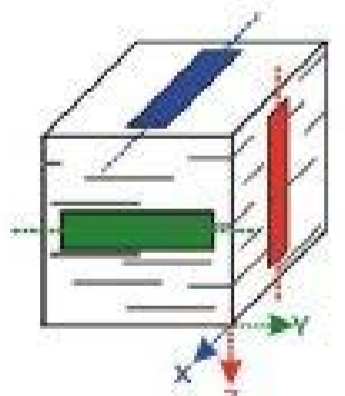


Figura 2 - Planos de medição segundo os três eixos ortogonais.

### 4 – MATERIAIS

O ensaio de ultra-sons foi efectuado em 22 amostras de mármore do Anticlinal de Estremoz, disponibilizadas por 7 empresas da região. Na tabela 1 consta uma listagem das empresas, bem como os diferentes tipos cromáticos de mármore analisados e a sua localização geográfica, também representada na figura 3.

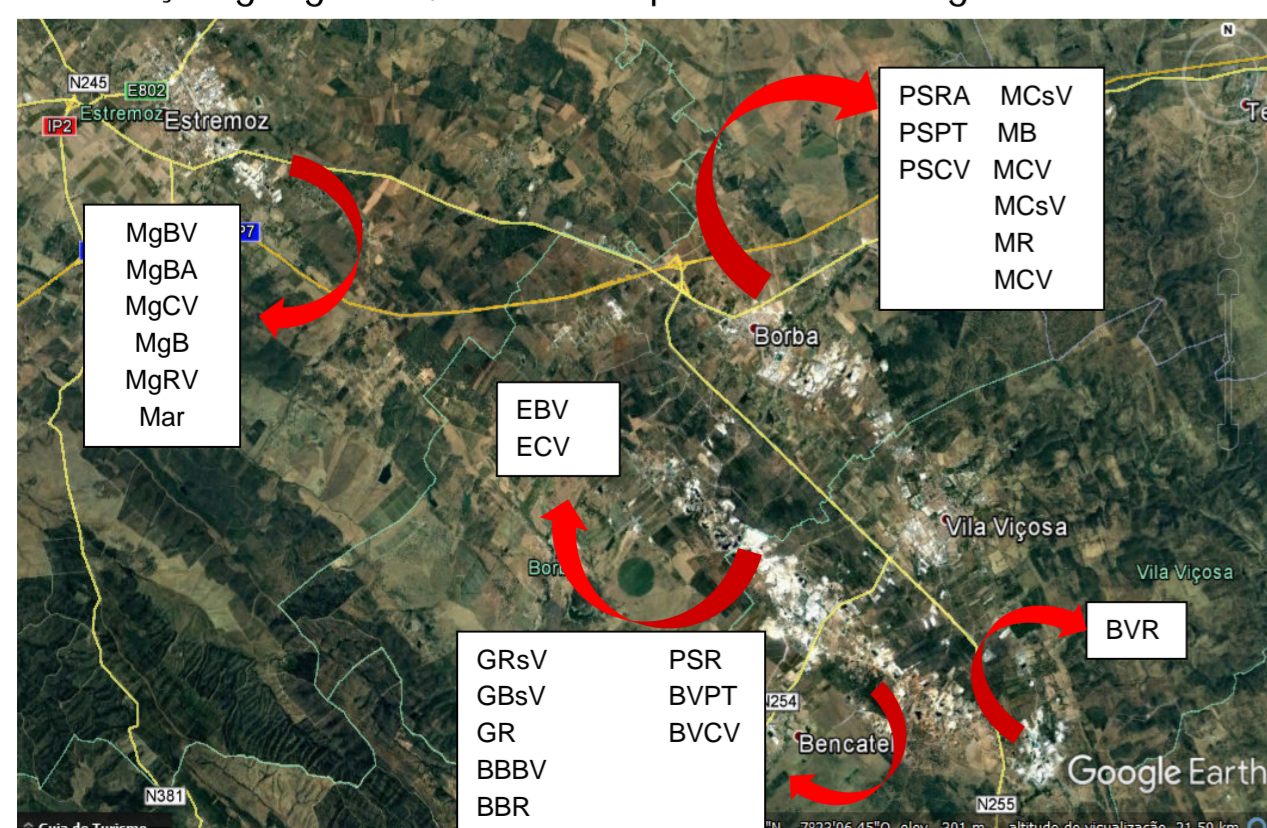


Figura 3 – Localização geográfica da amostragem.

Tabela 1 - Empresas, tipos cromáticos de mármore ensaiados e localização geográfica.

Empresa	Localização	Mármore	Referência
António Galego & Filhos	Vila Viçosa (Lagoa)	Rosa s/ Vergada	GRsV
		Branco s/ Vergada	GBsV
		Ruivina	GR
Margaça, Transformação de Mármore Lda.	Estremoz (Cruz dos Meninos)	Branco Vergado	MgBV
		Branco Anilado	MgBA
		Creme Vergado	MgCV
		Branco	MgB
		Rosa Vergado	MgRV
		Branco Vergado	BBBV
		Rosa	BBR
Bloco B	Vila Viçosa (Lagoa)	Rosa Aurora	PSRA
		Pele de Tigre	PSPT
		Creme Vergado	PSCV
Plácido José Simões, S.A.	Borba (Carrascal)	Ruivina	PSR
	Vila Viçosa (Monte da Lagoa)		
ETMA, Empresa Transf. de Mármore do Alentejo SA	Vila Viçosa (Vigária)	Branco Vergado	EBV
	Vila Viçosa (Vigária)	Creme Vergado	ECV
Marmetal, Mármore e Materiais de Construção, S.A.	Borba	Claro s/ Vergada - Branco	MCsV MB
		Claro Vergado	MCV
		Creme s/ Vergada - Rosa	MCsV MR
		Creme Vergado	MCV
		Estremoz	Marinela
António Bento Vermelho / Criamármore	Vila Viçosa (Pardais)	Ruivina	BVR
	Vila Viçosa (Lagoa)	Pele de Tigre	BVPT
	Vila Viçosa (Lagoa)	Creme Vergado	BVCV

### 5 – RESULTADOS

Apesar de alguns mármore possuírem a mesma tonalidade, foram recolhidos em locais diferentes no Anticlinal de Estremoz, podendo haver pequenas diferenças do ponto de vista estrutural e mineralógico. No entanto, por uma questão de critério, os diferentes tipos cromáticos de mármore foram agrupados em sete famílias principais de cores: Brancos, Brancos Vergados, Cremes Vergados, Rosas, Pele de Tigre, Ruivinas e Marinela. Na tabela 2 estão expostos os valores médios das velocidades (km/s) que foram obtidos por cada tipo cromático de mármore.

Tabela 2 - Velocidades médias de Ultra-sons (km/s).

		Brancos	Brancos Vergados	Cremes Vergados	Rosas	Pele de Tigre	Ruivinas	Marinela
Secos Temperatura Ambiente	X	4,525	4,744	4,742	4,619	4,536	4,604	5,427
	Y	4,530	4,969	4,874	4,605	4,988	4,981	6,165
	Z	4,066	4,433	4,422	4,444	4,551	4,375	5,274
Secos a 60°C	X	4,446	4,711	4,669	4,665	4,427	4,500	5,721
	Y	4,300	4,935	4,792	4,971	5,067	4,945	6,280
	Z	4,152	4,110	4,326	4,447	4,463	4,236	5,365
Saturados	X	5,327	5,437	5,879	5,768	5,510	5,697	5,826
	Y	5,333	5,567	5,849	5,763	5,650	5,872	6,400
	Z	5,214	5,047	5,326	5,598	5,266	5,458	5,365

Cofinanciado por:



Nas figuras 4, 5 e 6 representam-se graficamente os valores obtidos, segundo os três eixos ortogonais, para cada um dos tipos cromáticos de mármore estudados.

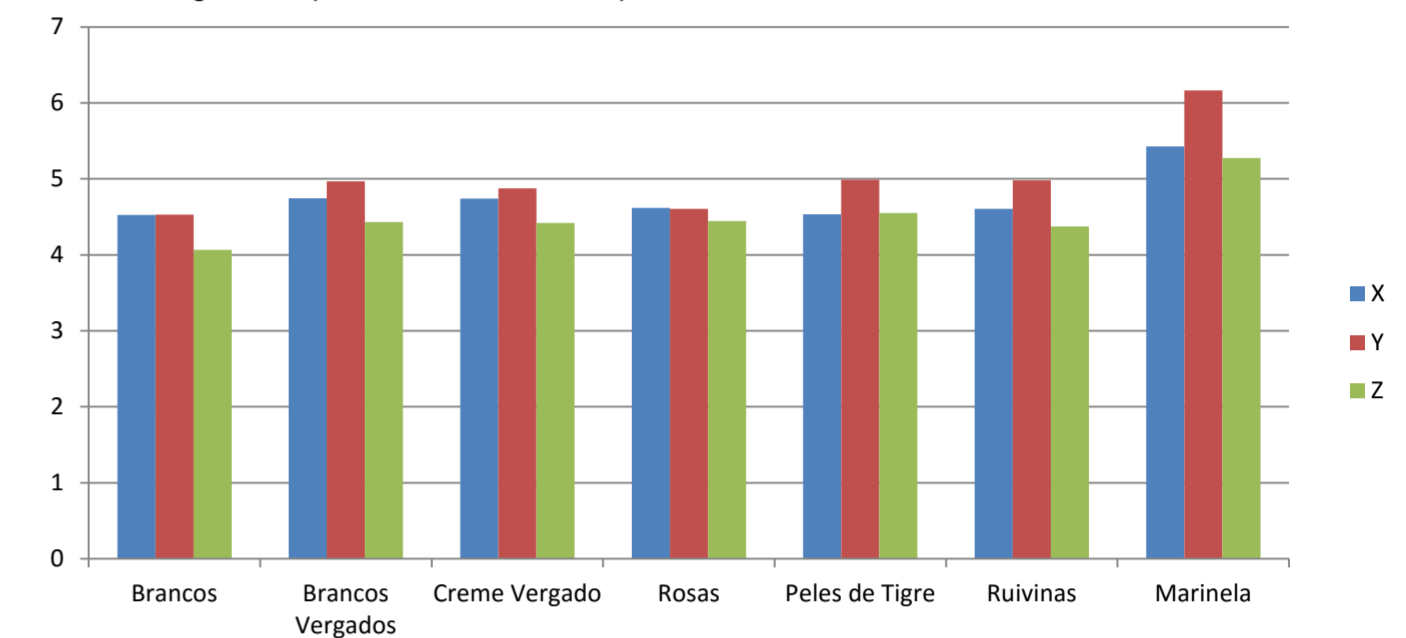


Figura 4 – Provetes secos à temperatura ambiente.

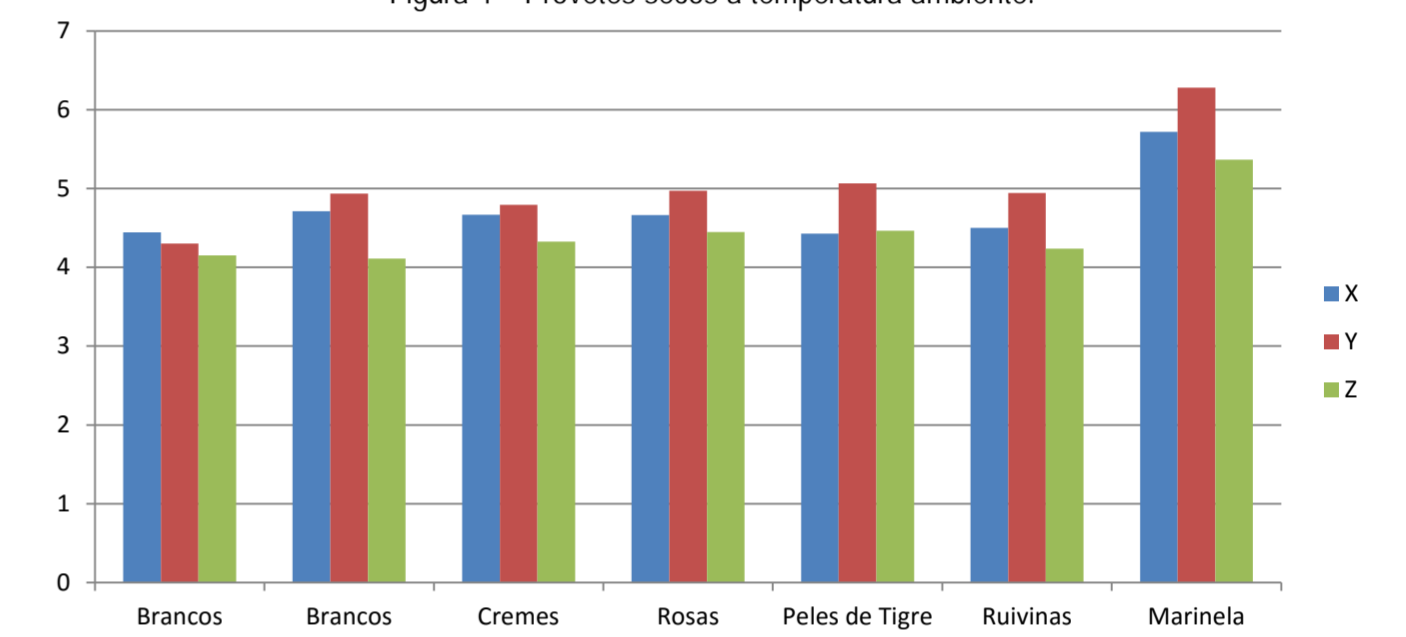


Figura 5 – Provetes secos a 60°C.

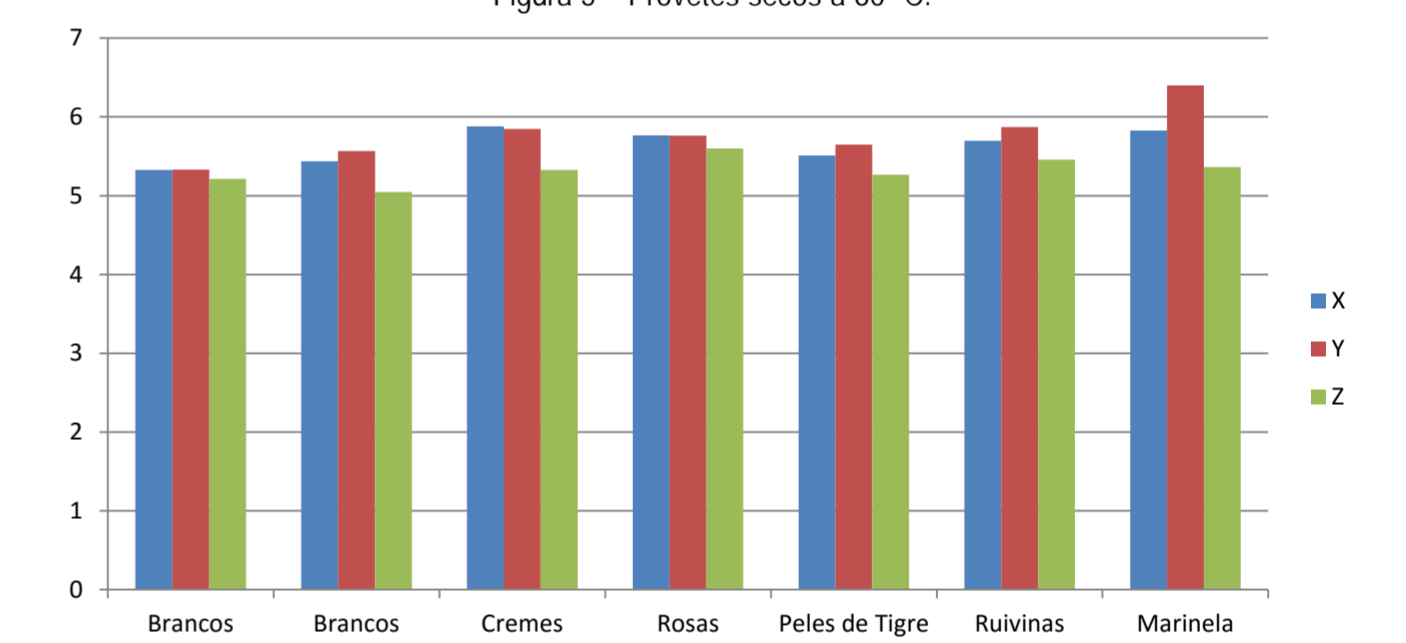


Figura 6 – Provetes saturados.

### 6 – CONCLUSÕES

Pela análise dos gráficos das figuras 3 e 4, respectivamente provetes secos à temperatura ambiente e secos à temperatura de 60°C constata-se que se trata de registos semelhantes e na mesma ordem de grandeza. Também as velocidades registadas entre os três eixos ortogonais não diferem substancialmente, oscilando entre 4 km/s e 5 km/s, revelando que as anisotropias existentes nas diferentes variedades cromáticas de mármore não são determinantes para produzir diferenças de velocidades quer no plano da foliação, quer perpendicularmente. De uma maneira geral as velocidades obtidas segundo o eixo Y foram ligeiramente superiores às velocidades dos restantes eixos, não se verificando, no entanto, para os mármore brancos. Também a variedade Marinela, em ambas as condições de secagem destaca-se ligeiramente das restantes, apresentando valores entre 5 e 6 km/s.

Os provetes saturados (figura 5), após imersão em água destilada durante 24 h, revelam velocidades ligeiramente superiores, entre 5 e 6 km/s. Neste ensaio só os Brancos Vergados, Pele de Tigre, Ruivinas e Marinela apresentaram uma tendência semelhante aos provetes secos nas duas condições, revelando uma maior velocidade, no eixo Y, se bem que, pouco expressiva. Os mármore Brancos, Cremes Vergados e Rosas revelaram velocidades semelhantes entre o eixo X e Y.

A pequena diferença obtida nas velocidades entre os provetes saturados e os provetes secos à temperatura ambiente e a 60°C é reveladora de uma baixa porosidade nestes mármore.

### CONTACTOS

1 – rubenvm@uevora.pt ; 2 – johanna.menningen@uni-goettingen.de ; 3 – lopes@uevora.pt ; 4 – lsousa@utad.pt ; 5 – ssiegess@gwdg.de

### AGRADECIMENTOS

Este trabalho é cofinanciado pela União Europeia através do Sistema de Apoio a Ações Coletivas (Internacionalização), enquadrado no PORTUGAL 2020 através dos projetos com a referência POCI-02-0752-FEDER-014739; BRO-CQ – Controlo de Qualidade de blocos em Rochas Ornamentais. Projecto nº 17659 – 33/SI/2015 – I&DT Empresarial, Portugal 2020 e pelo Projecto "Granite and marble microtextural (nanotextural) anisotropy: Implications on building stone decay". CRUP – Programa de Ações Integradas Luso-Alemãs 2016 ref. A50/16. Department of Structural Geology and Geodynamics, Geoscience Centre of the University of Gottingen, Germany, Departamento de Geologia, Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, Portugal, Departamento de Geociências da Universidade de Évora, Portugal.