

Caracterização da densidade linear de fracturação de núcleos de exploração de mármore no anticlinal de Estremoz

A. G. Luís^(a,1), P. Henriques^(a), P. Falé^(a), S. Sobreiro^(b), J. Saúde^(b) & C. Vintém^(a)

a – Instituto Geológico e Mineiro, Estrada da Portela, Zambujal, apartado 7586, 2721 – 866 Alfragide

b – CEVALOR, Estrada Nacional nº 4, km 158, apartado 48, 7150 – 999 Borba

1 – gabriel@jgm.pt

RESUMO

Palavras-chave: anticlinal de Estremoz; mármore; geoestatística; densidade linear de fracturação.

A actual situação do Anticlinal de Estremoz no panorama da exploração de rochas ornamentais, impõe a necessidade de um amplo conhecimento das características geológicas da jazida, ferramenta essencial para o estabelecimento de um eficaz plano de ordenamento regional. Nesse sentido o CEVALOR e o IGM estão a desenvolver em três das UNOR (Unidades de Ordenamento) definidas no PROZOM (Plano Regional de Ordenamento da Zona dos Mármore), respectivamente UNOR1 – Estremoz, UNOR2 – Borba e UNOR3 – Vigária, trabalhos conducentes à classificação dos mármore, por níveis de aptidão à extracção.

Num primeiro passo, complementa-se a cartografia geológica de pormenor com a identificação, caracterização e georeferenciação de 8709 fracturas que intersectam 7692 m de perfis, realizados em 620 frentes de 58 pedreiras e em 14 sondagens. Numa segunda fase, efectua-se o calculo da variável regionalizada densidade linear de fracturação (nº fracturas/m), em troços com comprimentos homogéneos. Segue-se a estimação da densidade linear de fracturação por krigagem ordinária, em blocos de 25 x 25 m² de base e altura variável (de acordo com a distribuição vertical dos dados de cada área). Desta estimação resulta, para cada área, um mapa com os valores estimados com a sobreposição dos limites geológicos dos mármore.

Como resultado da parametrização da densidade linear de fracturação obtém-se uma distribuição dos dados em classes representativas de diferentes graus de fracturação que, cruzados com a restante informação, permitirão definir um mapa com as diferentes susceptibilidades de aproveitamento económico do recurso.

Introdução

O termo “*qualidade da pedra*”, na indústria da rocha ornamental engloba, fundamentalmente, uma componente subjectiva, traduzida pelo aspecto estético e pelas propriedades mecânicas, físicas e químicas, que são características que se mantêm mais ou menos constantes em grande parte ou até na totalidade de uma jazida. Assim, se excluirmos os condicionalismos de ordem extrínseca, como as variações de mercado, podemos afirmar que as principais causas de viabilidade económica das unidades extractivas (quando localizadas em jazidas de rocha ornamental possuidoras de características aceites pela generalidade dos mercados) são as dimensões permitidas pela rede de fracturação (Luís & Sousa, 1998).

Atendendo ao facto de o Anticlinal de Estremoz possuir uma importância fundamental no panorama de exploração de mármore a nível nacional, a Direcção Geral de Geologia e Minas e o seu sucessor Instituto Geológico e Mineiro, têm desenvolvido desde o início dos anos 90, vários projectos com o intuito de caracterizar a fracturação de alguns dos seus núcleos de produção (Reynaud & Vintem, 1992, 1994). Assim, de acordo com as actuais tendências de transpor para a actividade industrial, e em particular a extractiva, as preocupações de ordenamento, apresenta-se a metodologia usada na caracterização da fracturação das unidades de ordenamento UNOR 1, 2 e 3.

Pré-processamento da amostragem

A informação recolhida reporta aos pontos de intersecção entre uma linha horizontal traçada em cada frente (*scanline*), 1.5 m acima do piso da pedreira e a respectiva fracturação, da forma esquematizada na Fig. 1. Assim, para cada *scanline* registaram-se as respectivas coordenadas iniciais, comprimento e direcção, e para cada fractura intersectada a atitude e o comprimento que dista do início da *scanline* até ao ponto da respectiva intersecção. Com toda esta informação calcularam-se as coordenadas reais de todos os pontos de intersecção entre a fracturação e a respectiva *scanline*, o que deu origem a um único ficheiro de partida com um número de linhas igual ao número total de fracturas, onde cada linha contém: o código da *scanline* a que pertence cada ponto, as coordenadas de cada ponto e a informação respeitante à fractura (Luís, 1995).

Um bom indicador da aptidão de um jazigo para a produção de rochas ornamentais é fornecido pelo número de fracturas por unidade de comprimento, ou densidade linear de fracturação (d.l.f.). O seu calculo depende da dimensão do segmento de recta onde é efectuado, obrigando ao ensaio de vários comprimentos para testar a respectiva influência na maximização do aproveitamento da informação levantada (através da obtenção de um número elevado de suportes de d.l.f., para diminuir os erros de estimação), e a influência do suporte na variabilidade estrutural, avaliada pela variografia.

Análise da continuidade estrutural da d.l.f.

A caracterização por famílias das atitudes das fracturas levantadas, pela projecção estereográfica dos seus pólos, segundo o método de W. SCHMIDT, não evidenciou muito claramente a existência de famílias predominantes. Este facto motivou a utilização da totalidade dos dados de fracturação no cálculo da d.l.f._{total}.

A análise da continuidade espacial da d.l.f._{total}, consistiu no cálculo dos variogramas experimentais e posterior ajustamento por uma função teórica. Esta fase de cálculo foi efectuada, de forma interactiva, através dos módulos VAR3D e MODVAR do sistema RESMIN (Sousa *et al.*, 1990). Com vista a encontrar as direcções principais de continuidade desta variável (onde existem maior e menor continuidade do fenómeno), calcularam-se os variogramas em todas as direcções espaçadas de 5°, que revelaram a existência de uma variação significativa no respectivo comportamento, em função do comprimento do suporte, o que levou à utilização de diferentes suportes em cada UNOR.

Para caracterizar a fracturação de cada UNOR, calcularam-se: os histogramas, principais estatísticos e variogramas da d.l.f._{total}. Estes últimos evidenciaram o carácter estruturado das d.l.f._{total}, que revelaram possuir comportamentos anisótropos, modelizados por funções teóricas do tipo esférico, com primeiras estruturas (efeitos de pepita) diferentes de zero. A título exemplificativo apresentam-se, nas Figs. 2 e 3 e Tab. 1, os elementos encontrados para a UNOR 2.

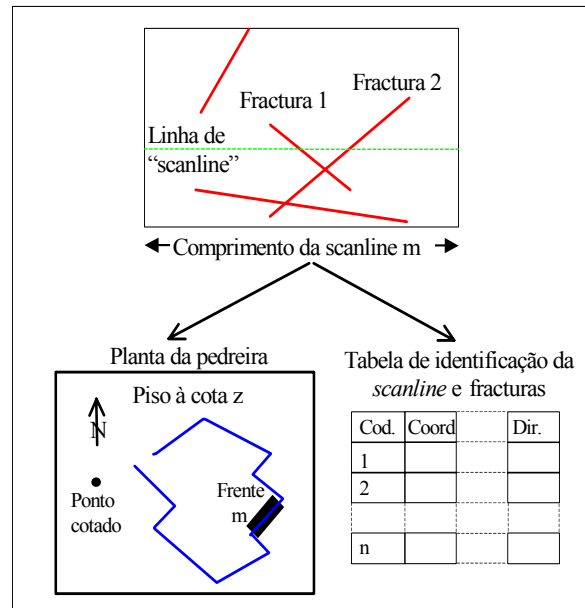


Figura 1 – Esquema representativo do método de colheita da informação

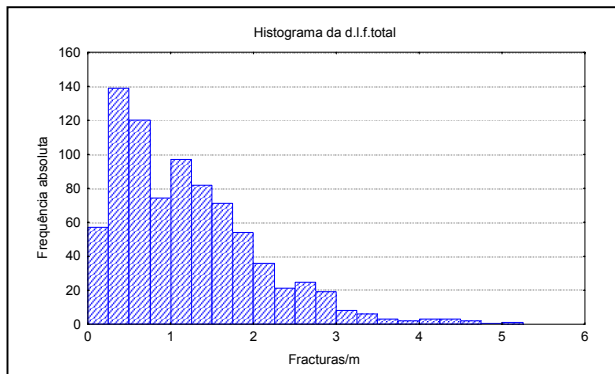


Figura 2 – Histograma da d.l.f._{total} presente na amostragem da UNOR 2.

	d.l.f. nos troços com 3 m de comprimento
Número de troços	823
Valor mínimo	0.00
Valor máximo	5.03
Valor médio	1.19
Variância da amostragem	0.75

Tabela 1 - Estatísticos básicos da d.l.f._{total} amostral da UNOR 2.

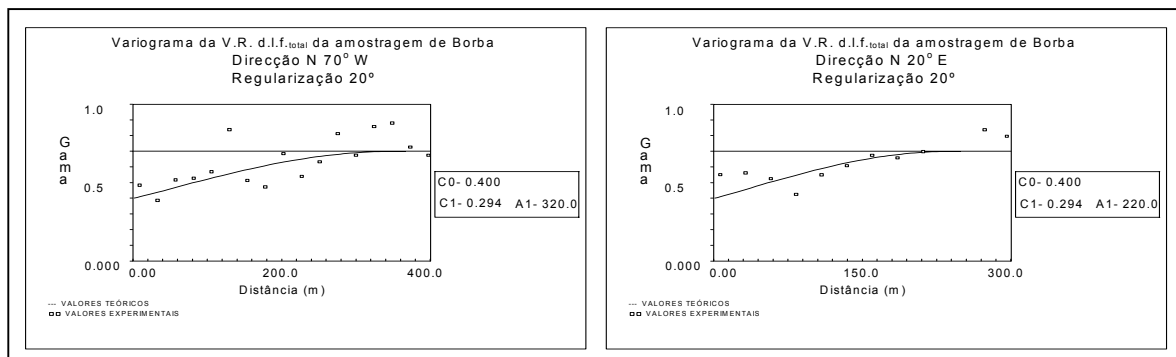


Figura 3 – Variograma experimental da d.l.f._{total} e ajustamento efectuado para as direcções principais N70°W e N20°E, na UNOR 2.

Estimação da d.l.f._{total} por krigagem ordinária

As estimações dos valores da d.l.f._{total} foram efectuadas pelo módulo KRIG3D do sistema RESMIN, utilizando os parâmetros fornecidos pela variografia (Pereira, 1979), em malhas de 25 x 25 m², delimitadas pelas manchas da litologia em estudo (a razão da escolha desta dimensão prende-se com a suficiente descrutização no plano horizontal). A dimensão vertical dos blocos estimados é diferente em cada UNOR, de acordo com a distribuição vertical dos dados.

Para validar os parâmetros dos modelos teóricos representados na Fig. 3, utilizou-se o Teste do Ponto Fictício, que consiste na comparação entre os valores amostrados e estimados. A aplicação deste teste, é efectuada através da eliminação fictícia de um dado valor da d.l.f._{total} do conjunto de amostragem, que é posteriormente estimado à custa dos valores amostrais vizinhos assumindo, assim, que aquela localização específica nunca foi amostrada. Esta aplicação, permite calcular:

- o erro médio (e.m.) que calcula a média das diferenças entre os valores reais e os estimados, ou seja fornece uma indicação sobre a existência de enviezamento sistemático na estimação e, como tal deve tender para zero;
- o erro relativo quadrático médio (e.r.q.m.), que calcula o quociente entre a média dos quadrados dos desvios (entre o valor estimado e real) e a variância média de krigagem ou seja, quantifica a proximidade entre o erro de estimação obtido e o erro previsto pelo modelo teórico, permitindo identificar situações de sobreestimação do erro de krigagem (quando tende para a unidade através de valores inferiores), de subestimação (quando tende para a unidade por valores superiores) e, de boa escolha do modelo quando está próximo de um.

As modelizações assim seleccionadas e subsequentes estimações por krigagem ordinária, produziram valores de d.l.f. e variâncias de estimação para cada UNOR, que podem ser visualizadas sob a forma de mapas, como os que se apresentam a título de exemplo na Fig. 4, para a UNOR-2.

Conclusões

A classificação e parametrização dos valores estimados para as classes da d.l.f. em cada UNOR, permitiu cartografar as zonas pouco, medianamente e muito fracturadas, que são essenciais para definir níveis de explorabilidade. A utilização destes procedimentos nas variáveis litologia e estrutura geológica, permitirá cruzar toda a informação e elaborar mapas capazes de caracterizar as diferentes susceptibilidades de aproveitamento económico dos mármore.

Assim, esta metodologia contribui, ainda que parcialmente, para a identificação das zonas com maiores potencialidades para a actividade extractiva, permitindo o reordenamento e planeamento sustentável desta indústria e da região onde se insere.

Bibliografia

- Luís, A. G. (1995) – Caracterização, Avaliação e Simulação da Blocometria de Um Jazigo de Mármore, *Tese de Mestrado, IST-UTL*, Lisboa, 75 p.
- Luís, A. G. & Sousa, A. J. (1998) – Simulação Geoestatística de Redes de Fracturas Aplicação à Avaliação da Blocometria de Um Jazigo de Mármore, *Comun. Inst. Geol. Mineiro, Tomo 85*, Lisboa: 117–137.
- Pereira, H. G. (1979) – Introdução às variáveis regionalizadas, *Técnica 451/452*, Lisboa: 89-96,
- Reynaud, R. & Vintém, C. (1992) – Estudo da jazida de calcários cristalinos de Estremoz-Borba-Vila Viçosa (Sector de Pardais). Separata do Tomo 34, *In: Estudos, Notas Trabalhos Laboratório Serviço Fomento Mineiro*, Porto, 83 p.
- Reynaud, R. & Vintém, C. (1994) – Estudo da jazida de calcários cristalinos de Estremoz-Borba-Vila Viçosa (Sect. de Lagoa-Vigária e Borba), *Inst. Geol. Mineiro*, Lisboa, 42 p.
- Sousa, A. J.; Muge, F.; Almeida, J. A.; Travassos, J. F.; Vieira, J. L.; Guerreiro, L. e Brito, G. (1990) – RESMIN Sistema de desenho geológico e avaliação de reservas. *Registo 10^o Encontro Nacional Engenheiros Minas*, Faro: 253–265.

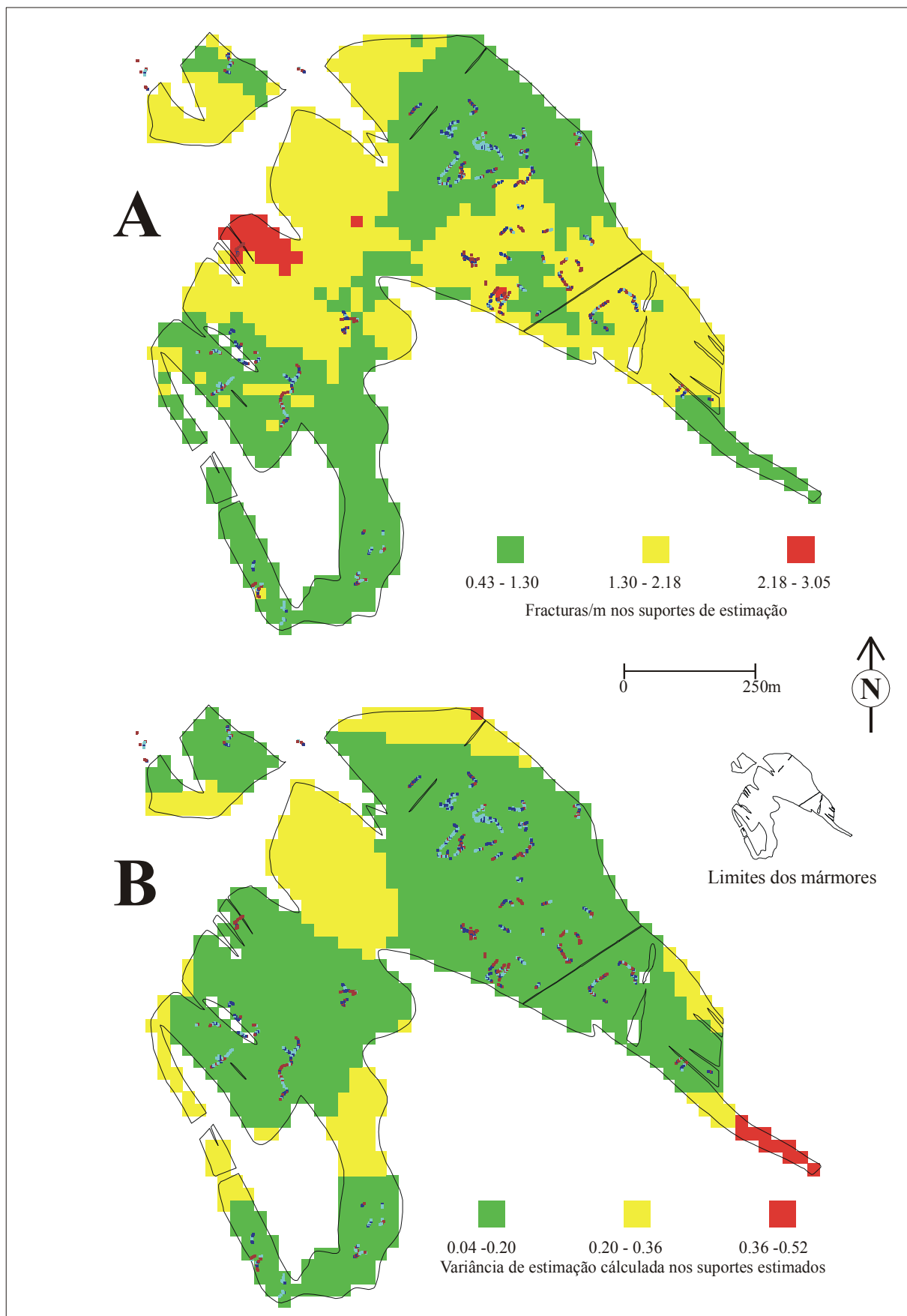


Figura 4 - Representação dos valores das d.l.f. (A) e variância (B), estimadas por krigagem ordinária em blocos de 25 x 25 x 80 m³, com sobreposição da amostragem e dos limites litológicos da UNOR 2.