

# USO DE SIMULAÇÃO SEQUENCIAL DE VARIÁVEIS INDICADORAS PARA CLASSIFICAÇÃO DE MACIÇO NA MINA DE ARIPUANÃ - MT

José Gabriel Araújo Alves

Marcelo Monteiro da Rocha

Instituto de Geociências/Universidade de São Paulo

jgaa0@usp.br

## Objetivos

Neste trabalho visa-se aplicar a técnica geostatística de SSI – Simulação sequencial de variáveis indicadoras (Alabert, 1987) a dados geotécnicos provenientes de furos de sondagem na Mina de Aripuanã da Nexa Resources S/A. O propósito é inferir o comportamento do maciço rochoso na área de emboque de um túnel e elaborar um modelo de comportamento. Além disso, pretende-se inferir as características para os sistemas de classificação RQD - *Rock Quality Designation* (Deere et al., 1967), Q - *Rock mass quality* (Barton et al., 1974) e RMR - *Rock Mass Rating* (Bieniawski, 1973), para compreender as relações de dependência espacial das variáveis, permitindo quantificar suas incertezas por meio da entropia (Shannon, 1948) nos blocos simulados. O modelo do maciço rochoso visa evitar problemas durante as fases de engenharia e desenvolvimento do túnel, garantido melhores níveis de segurança e um melhor conhecimento prévio da área.

## Métodos e Procedimentos

Serão utilizados dados de 51 furos de sonda diamantada (Figura 1). Nos quais a descrição geológica/geotécnica de 34 furos foi feita por meio de fotografias sendo possível descrever apenas o RQD. Nos demais, também há a classificação pelo sistema Q e RMR. Inicialmente foi realizado a padronização dos bancos de dados (BD), além da análise exploratória dos dados (AED).

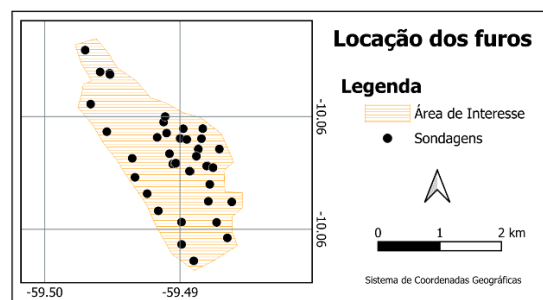


Figura 1: Localização dos furos de sondas

Visando uniformizar as variáveis, principalmente no que tange ao número de amostras de amostras, os valores de Q foram estimados por krigagem pontual para os locais onde não há informações, as quais foram utilizadas para calcular RMR, visto que existe uma relação matemática direta entre Q e RMR.

## Resultados

Com o BD consolidado, a AED revelou características importantes das variáveis. Os dados foram regularizados, com um tamanho constante de 6 metros e mantiveram as características estatísticas dos dados amostrais brutos. O modelo de blocos foi definido com uma malha de 50mX50mX6m ao qual foi aplicado uma fronteira convexa para aumentar a precisão e a confiança. A krigagem pontual realizada para a variável Q e o cálculo para RMR, fez com que uma classe, em ambas as variáveis, apresentasse uma proporção maior em relação as demais, se comparada às proporções amostrais.

Na aplicação da SSI, foram realizadas duas simulações para cada variável, com 100 realizações cada. Na primeira simulação, as proporções de entrada (% de ocorrência de cada classe) refletiam as proporções amostrais, o que resultou em uma distorção das classes mais abundantes e, conseqüentemente, dos resultados em relação às informações amostrais. Na segunda simulação, as proporções de entrada foram ajustadas empiricamente para que os resultados reproduzissem melhor as proporções amostrais e conseqüentemente a continuidade geológica/geotécnica nos modelos tridimensionais.

Comparando as duas diferentes proporções simuladas, observou-se uma boa aderência para a variável RQD, com melhor caracterização após a redistribuição das proporções, embora a incerteza continue alta. Para a variável Q, a predominância da Classe C foi mantida mesmo com proporções de entrada ajustadas, a readaptação das proporções de entrada aumentou a incerteza, principalmente quando suas distribuições estatísticas são analisadas, porém são menos perceptíveis nos modelos tridimensionais. Sendo assim, com a predominância de uma classe, recomenda-se, conforme Barton & Grimstad (1994), o uso de concreto projetado reforçado com fibras de aço (espessura de 50-90 mm) e ancoragem (Sfr + B).

No caso do RMR, os resultados foram semelhantes aos de Q, com a Classe "Bom" predominando e com resultados mais adequados após a readaptação dos valores de entrada. Entretanto, a incerteza aumentou significativamente quando as proporções amostrais não foram usadas. O método construtivo que poderia ser recomendado, com base na classe predominante é a escavação completa, com avanço de 1m a 1,5m e suporte a 20m, utilizando tirantes de 20 mm de diâmetro com calda de cimento no teto, malha de aço opcional de 3 m de comprimento e espaçamento de 2,5 m, e concreto projetado de 50 mm de espessura no teto, se necessário, de acordo com Bieniawski (1989).

## Conclusões

A análise das variáveis RQD, Q e RMR mostra que, apesar dos resultados satisfatórios para os modelos de RQD, há uma elevada incerteza, o que sugere a necessidade de um estudo mais detalhado bloco a bloco. Para as variáveis Q e RMR, a amostragem secundária influenciou significativamente os resultados, predominando uma única classe nos modelos. Portanto, recomenda-se usar amostras originais para reduzir incertezas e melhorar a confiabilidade dos modelos. Como há blocos de classes menos competentes para ambas as variáveis, onde se indica o método construtivo há necessidade de avaliações mais rigorosas ao trabalhar com eles, sendo o resultado apresentado um modelo geral para o projeto.

## Agradecimentos

A Nexa Resources S/A pela liberação do BD; ao LIG – Laboratório de Informática Geológica do IGc/USP; e ao Programa Unificado de Bolsas da USP pelo financiamento e apoio; e à Datamine e Geovariances pela disponibilização dos softwares utilizados.

## Referências

- Alabert, F., 1987, Stochastic Imaging of Spatial Distributions Using Hard and Soft Information. Master's Thesis, Stanford University.
- Bart, N. R., Grimstad, E., 1994, The Q-system Following Twenty Years of Application in NMT Support Selection. Felsbau, 1(6): 426-336.
- Barton, N. R., Lien, R., Lunde, J., 1974, Engineering Classification of Rock Masses for Tunnel Support. Rock Mechanics and Rock Engineering, 6(4): 189-236.
- Bieniawski, Z. T., 1973, Engineering Classification of Rock Masses. The Civil Engineer in South Africa, 15(12): 35-343.
- Bieniawski, Z. T., 1989, Engineering Rock Mass Classifications: A Manual for Engineers and Geologists.
- Deere, D. U., Hendron, A. J., Patton, F. D., Cording, E. J., 1967, Design of Surface and Near Surface Construction in Rock. In: 8th Symposium on Rock Mechanics, AIME, p. 237-302.