

"ANÁLISE EXPLORATÓRIA DOS DADOS Pb-Zn-Ag DO DEPÓSITO DE CANOAS, MUNICÍPIO DE ADRIANÓPOLIS, PR"

Rita Parisi Conde ¹
Jorge Kazuo Yamamoto ²
Adalberto Scortegagna ³
Gerson C. Venusso ³
Normando C.M.de Queiroga ³

¹ Pós-graduanda do Departamento de Geologia Econômica do IG/USP

² Departamento de Geologia Econômica do IG/USP

³ Geólogos da PLUMBUM S.A. Mineração e Metalurgia

O Depósito de Canoas situa-se no município de Adrianópolis (PR) e encontra-se na região denominada Vale do Ribeira. As pesquisas iniciais na área foram efetuadas para o chumbo, entretanto, verificou-se que este depósito continha também zinco, que ao lado do chumbo poderia ser extraído economicamente pela Plumbum S.A..

A jazida de Canoas é representada por um corpo lenticular alongado na direção NE-SW, com dimensões aproximadas de 1km de extensão (mínima) x 150 m de largura (máxima) e 6,5 m de espessura (máxima). Aproximadamente na porção central, o corpo é interrompido por uma erosão que o divide em dois setores denominados: Canoas 1 (já inteiramente lavrada) e Canoas 2 (em lavra).

As principais litologias presentes no depósito são: quartzitos, xistos anfíbolíticos, rochas cálcio-silicáticas, anfíbolitos e quartzo-mica-xistos. Ocorrem ainda pequenos diques de rocha básica, principalmente meta-dióbásios. As unidades litológicas na área do depósito apresentam um caráter monótono do empilhamento estrutural em função de seu posicionamento no flanco do Antiforme Canoas.

O Depósito de Canoas apresenta mineralização estratiforme sob a forma de disseminações de sulfetos em rochas cálcio-silicáticas. Os principais sulfetos são galena e esfalerita, em menores proporções aparecem pirita, pirrotita e como minerais traços ocorrem a marcassita e calcopirita. A prata é obtida como sub-produto. A gênese deste depósito pode estar associada aos depósitos sedimentares exalativos.

A Mina de Canoas 2 foi delimitada a partir de um total de 47 furos de sondagem rotativa a diamante. Os intervalos considerados potenciais foram analisados quimicamente para chumbo, zinco e prata. Destes 47 furos, apenas 27 furos foram considerados positivos, ou seja, $Pb+Zn \geq 5\%$ e determinaram a área de interesse (zona mineralizada) a ser analisada.

A fim de obter maior quantidade de informações deste conjunto de dados foi realizada uma análise exploratória dos dados, que consistiu na redução, análise e interpretação dos dados tentando assim ajustá-los a possíveis modelos teóricos.

Uma primeira maneira de resumir um conjunto de valores para se ter uma idéia da forma de sua distribuição, é por meio do ramo e folhas. A representação através do ramo e folhas para os elementos Pb, Zn e Ag é apresentado nas Tabelas 1, 2 e 3, respectivamente.

A análise do ramo e folhas indica que para:

Chumbo

- valores destacados: 14,0; 9,2 e 10,1;
- os valores estão concentrados entre 0 e 7;
- um valor típico poderia ser 2, ou seja, 2%;
- existe uma assimetria em direção a valores altos.

Zinco

- valores concentrados entre 0 e 5;
- valor mais ou menos típico para esse conjunto de dados poderia ser 2, isto é, 2%;
- leve assimetria em direção a valores altos.

Prata

- valor típico é aproximadamente 4, isto é, 40 ppm;
- distribuição simétrica, com destaque para os valores baixos 8 e 9.

A análise estatística do conjunto de dados de um depósito mineral fornece de maneira rápida e prática, uma caracterização inicial da população amostrada através de uma aproximação de sua média e variância, ou seja, o teor médio e variabilidade natural do depósito. Barnes (1980) ressalta que os métodos estatísticos são usados para fins descritivos e para organização e sumarização dos dados quantitativos ou numéricos. Desta forma, o objetivo

Tabela 1 - Representação de ramo e folhas para o elemento Pb da Mina de Canoas 2 em %.

0	3 4 4 5 5 5 5 6 6 7 7 8 8 8
1	0 0 0 1 2 2 3 3 3 3 4 5 6 6 6 6 6 7 7 8 8 8 8 8 9
2	0 0 0 1 1 1 1 1 1 1 1 2 2 2 3 4 4 4 4 4 5 6 6 6 7 7 7 7 8 8 8 8 8 8 8 9 9
3	0 0 0 2 2 2 3 3 3 3 3 3 4 5 6 6 7 7 7 8 8 8 8 9 9
4	0 1 1 1 1 1 2 2 3 3 3 4 4 5 7 7 8 8 9
5	0 0 0 1 1 1 2 3 5 6 6 7 8 8 8
6	2 3 3 4 5 6 6 8
7	0 3 5 6 7
8	
9	2
10	1
11	
12	
13	
14	0

Tabela 2 - Representação de ramo e folhas para o elemento Zn da Mina de Canoas 2, em %.

0	0 3 4 5 5 7 7 7 7 7 8 8 9
1	1 1 1 1 2 2 2 2 3 3 3 4 4 4 5 5 5 5 7 7 8 8 8 9 9
2	0 0 1 1 2 2 3 4 4 4 5 6 6 6 6 7 7 8 8 8 8 8 9 9 9 9 9
3	0 0 0 1 2 2 3 3 3 3 3 4 4 4 4 5 5 6 7 7 7 7 8 9
4	1 2 2 3 3 3 4 4 5 5 6 6 6 6 7 7 8 9 9
5	1 2 2 2 4 5 6 6 6 7 7 7 8 8 8
6	1 3 4 4 4 7 7
7	0 2 2 3 6 7 8
8	5 5
9	0 1 4 9

Tabela 3 - Representação de ramo e folhas para o elemento Ag da Mina de Canoas 2 em ppm.

0	8 9
1	0 0 0 1 1 1 1 2 3 3 3 3 4 4 5 6 6 7 7 7 7
2	0 1 4 4 4 5 5 5 6 7 9 9 9
3	1 1 1 1 1 1 2 2 3 4 4 5 6 6 7 9
4	0 1 2 3 3 3 4 5 5 5 5 5 6 6 6 6 6 6 7 7 8 8 9 9 9 9
5	0 1 3 3 3 3 4 5 5 5 6 6 7 7 8 8 9
6	0 2 3 4 4 5 5 5 6 7 8 9 9 9 9 9 9
7	1 2 2 2 3 3 3 4 5 7 7 8 9
8	1 2 2 3 3 4 5 8 9 9
9	0 1 2 4 4 4 5 6 6 7 9

da aplicação dos métodos estatísticos é a análise dos dados, importante etapa que antecede o trabalho de avaliação de reservas.

A compreensão de um grande número de observações pela leitura de uma listagem de observações individuais é muito difícil, desta forma, para facilitar a sua compreensão, estes números devem ser organizados em tabelas, através da classificação ou agrupamento conforme intervalos de valores preestabelecidos. Assim, o objetivo da distribuição de freqüências é de resumir a informação numérica (Kock & Link, 1971).

A representação gráfica da distribuição de freqüências permite uma melhor visualização do conjunto de dados amostrados, já que geralmente é mais fácil olhar uma figura que ler uma tabela. As principais representações gráficas de uma distribuição de freqüência são: o histograma e a curva

acumulativa. As principais distribuições de frequências teóricas conhecidas são: a distribuição normal que se caracteriza por uma curva simétrica na forma de um sino, que tem como parâmetros: média (μ) e variância (σ); e a distribuição lognormal, cujos valores da variável distribuem-se segundo uma curva contínua assimétrica positiva, onde ocorrem uma grande quantidade de valores baixos e uns poucos valores altos. esta distribuição é muito encontrada em análise de metais-raros.

A redução dos dados através da distribuição de frequências fornece muito mais informações sobre o comportamento da variável do que a própria série original de dados. Entretanto, é possível extrair alguns parâmetros estatísticos que sejam representativos de todo o conjunto e capazes de resumir mais ainda esses dados. Esses parâmetros estatísticos são: média; variância; desvio padrão; coeficiente de variação; assimetria; e curtose. Estes parâmetros caracterizam numericamente a distribuição de frequências e assim, descrevem bem o conjunto de dados em estudo. Além disso, existem as medidas de posição: mediana; quartis e valores extremos, que podem ser visualizados através do desenho esquemático O desenho esquemático (DE) dá uma idéia da posição, dispersão, assimetria, caudas e dados discrepantes (Bussab & Morettin, 1986). Além disso, essas medidas de posição não são sensíveis a valores extremos. A Tabela 4, sintetiza os resultados obtidos para chumbo, zinco e prata.

Tabela 4- Parâmetros estatísticos da distribuição de chumbo, zinco e prata.

Parâmetros Estatísticos	Chumbo	Zinco	Prata
Média	3,44	3,62	49,68
Variância	4,60	4,80	630,88
Desvio Padrão	2,14	2,21	25,12
Assimetria	0,01	0,005	0,00
Curtose	0,04	0,02	0,01
Coefficiente de variação	0,62	0,61	0,51
Valor máximo	14.020	9.970	99.00
Valor mínimo	0.37	0.044	8.00
1 ^o quartil	1.878	1.855	29.50
2 ^o quartil - mediana	3.030	3.280	48.00
3 ^o quartil	4.497	4.955	69.00
Número de amostras	145	145	145

Analisando-se os parâmetros estatísticos e a distribuição de frequências dos teores de chumbo verifica-se que esta tende a lognormal, com média igual a 3,44 e variância 4,60. O coeficiente de variação (0,62) indica dispersão dos valores. A caracterização desta distribuição como assimétrica baseou-se principalmente, na forma da curva do histograma, bem como na transformação logarítmica dos teores de chumbo que a tornou simétrica. A análise do DE do Pb indica que existem pontos soltos e externos, que assim como no ramo e folhas, tomam a distribuição assimétrica para valores altos. Do mesmo modo que o chumbo, o zinco apresenta características de distribuição de frequência próxima a lognormal. Sua média é 3,62, variância 4,89 e coeficiente de variação igual a 0,61. O histograma da distribuição de frequências dos teores de zinco apresenta assimetria positiva, enquanto que sua curva acumulativa em escala logarítmica aproxima-se de uma reta, o DE do Zn apresenta comportamento levemente assimétrico para valores altos indicados pelos pontos externos e um ponto solto. Em relação a prata, verifica-se que a distribuição dos teores de prata é normal com média = 49,68, variância= 630,88 e coeficiente de variação = 0,50. O histograma da distribuição de frequências dos teores de prata tem forma característica de sino, enquanto que sua curva acumulativa em escala de probabilidade aritmética aproxima-se de uma reta, que seria a representação de uma distribuição normal e seu DE apresenta comportamento simétrico sem a presença de pontos externos ou soltos.

A fim de verificar as hipóteses já levantadas com relação as distribuição de frequências do Pb, Zn e Ag, aplicou-se os testes Kolmogorov-Smirnov (K-S) e Chi-quadrado (χ^2) ao conjunto de dados.

A Tabela 5 apresenta os resultados resumidos obtidos para o teste K-S, para nível de significância de $\alpha = 0,05$, e os resultados obtidos para o teste χ^2 para nível de significância 5% e $\nu = 6$.

Através dos resultados do teste K-S, verifica-se que os valores dos K-S estatísticos dos elementos Pb, Zn e Ag são menores que o valor crítico de K-S (0,14). Desta forma, não se pode rejeitar a hipótese nula que as amostras foram coletadas de uma população com distribuição normal.

Tabela 5 - K-S estatístico, K-S crítico e resultados obtidos para o teste χ^2 (para nível de significância 1% e $\nu = 6$) para os dados da Mina de Canoas 2.

ELEMENTO S	K-S ESTATÍSTICO	K-S CRÍTICO	χ^2	$\chi^2_{0,95}$
CHUMBO	0,115	0,14	12,59	10,08
ZINCO	0,088	0,14	12,59	16,38
PRATA	0,064	0,14	12,59	22,04

Para o teste do χ^2 , verificou-se que o Pb apresenta $\chi^2 < \chi^2_{0,95}$, isto significa que a hipótese é aceita, ou seja, é possível ajustar uma distribuição normal à distribuição observada. Para Zn e Ag acontece ao contrário, ou seja, a hipótese é rejeitada.

Os testes estatísticos não levam em conta, ou seja, não são capazes de detectar dados que apresentem grande variabilidade intrínseca, o que frequentemente acontece em geologia. Neste caso, muitas vezes não é possível a utilização dos testes estatísticos, já que fornecem respostas falhas, o que não aconteceria com hipóteses levantadas em manufaturados que comumente apresentam variabilidade muito baixa.

Levando em consideração todos os dados até agora apresentados, pode-se concluir que o Pb e Zn, apesar de apresentarem leve assimetria positiva, apresentam distribuição normal. A Ag foi caracterizada sem problemas ao longo da pesquisa como uma distribuição simétrica e assim continuará.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

- BARNES, R.J. - 1980. The variogram sill and sample variance, *Math.Geol.*, 23(4):673-678.
- KOCK Jr, G.S. & LINK, R.F.- 1971. *Statistical analysis of geological data*. New York, Dover Publ. Vol I, 375p.