



CARACTERIZAÇÃO GEOELÉTRICA EM OCORRÊNCIA DE SULFETOS DE COBRE, PORÇÃO NORTE DA BACIA DO CAMAQUÃ, CAÇAPAVA DO SUL (RS)

Syngra Lopes* & César Augusto Moreira
 Universidade Federal do Pampa – UNIPAMPA. Avenida
 Pedro Anunciação, s/n, Vila Batista, CEP 96570-000,
 Caçapava do Sul - RS

Copyright 2011, SBGf - Sociedade Brasileira de Geofísica

Este texto foi preparado para a apresentação no XII congresso Brasileiro de geofísica, Rio de Janeiro, 15 a 18 de agosto de 2011. Seu conteúdo foi revisado pelo Comitê Técnico do XII congresso Brasileiro interenacional de geofísica, mas não necessariamente representa a opinião da SBGf ou de seus associados. É proibida a reprodução total ou parcial deste material para propósitos comerciais sem prévia autorização da SBGf

Abstract

The set of procedures and steps taken for the incorporation of reserves is called mineral exploration. The mineral exploration can be done in two basic forms: through direct and indirect techniques. The direct techniques are represented by geological mapping, trenches, wells, borehole and chemical analysis of soil and rocks samples. The indirect techniques consist basically of the use of remote sensing and geophysical methods. The study area consists in copper mineral occurrence previously studied by boreholes and trenches, located in the rural municipality of Caçapava do Sul city (RS). This paper proposes the utilization of the electrical resistivity and induced polarization geophysical methods, through by electrical profiling technique. This study is the intersection of geological and geophysical data in an attempt to assess accuracy of geophysics in the recognition of mineralized levels. The geophysical data appear for anomalies high chargeability for the lapillitic tuffs domain, close to the crossing of two fault systems that suggests a deposit mineral structurally controlled. The radial disposition of the lines in surface made possible the generation of 3D models, that they allow the integrated analysis of the physical parameter, besides the space understanding of the ore body.

Introdução

Desde o início da humanidade que o homem prospecta materiais de seu interesse, desde matérias líticas da idade da pedra, até os mais adequados para confecção de ferramentas e armas, até metais com o cobre. O cobre ocorre principalmente na forma de óxidos e sulfetos como, malaquita e azurita e a calcopirita como sulfeto duplo de ferro e cobre. Os principais tipos de depósitos são: depósitos de cobre pórfiro, depósitos de sulfeto maciço associado a rochas vulcânicas (VMS), depósito de óxidos de Fe-Ti e Cu-U-Au-ETR depósitos em veios epitermais tipo Sado (Du BRAY, 1995). Os depósitos do tipo Cobre Pórfiro representam quase 70% das reservas mundiais deste metal, caracterizados por alterações hidrotermais que incluem biotita e

feldspato potássico na área central e gradações de clorita, actinolita e epidoto no sentido das laterais, além de micas argilominerais e carbonatos (COX *et al.*, 1995).

A demanda crescente e a disponibilidade cada vez menor dos metais impulsionaram a criação ou aperfeiçoamento de novas técnicas de prospecção mineral. As formas atuais de prospecção mineral são: caracterização geológica, geoquímica e geofísica (PEREIRA, 2003).

A caracterização geológica consiste na análise em campo de exposições de rochas, ocorrências minerais, matérias de trincheira e testemunhos de sondagem.

A prospecção geoquímica consiste na análise de diversos tipos de materiais como: sedimentos de corrente, concentrados de bateia, solos, rochas, água de superfície e subterrânea, além de vegetação. O objetivo desta ferramenta é a detecção de áreas com enriquecimento ou empobrecimento de elementos químicos que, direta ou indiretamente indiquem a presença de concentrações economicamente viáveis.

A prospecção geofísica visa essencialmente medidas em propriedades físicas características dos materiais geológicos, de forma indireta por meio de instrumentos de medição. Os principais métodos são magnetometria, gravimetria, gamaespectrometria, eletromagnéticos aérea e terrestres, métodos elétricos e sensoriamento remoto.

Caracterização da área de estudo

A área de estudo compreende uma ocorrência cuprífera localizada na Colônia de Santa Bárbara, distrito de Caçapava do Sul, RS, Brasil (Figura 1).

O município de Caçapava do Sul dista 240 km de Porto Alegre, acessado a partir da capital através da BR 290. A área de estudos pode ser acessada através de uma estrada municipal que liga a sede do município à Colônia Santa Bárbara, distante cerca de 12 km.

A área de estudos está inserida na bacia sedimentar do Camaquã, com embasamento representado pelo Complexo Metamórfico Vacacaí, unidade vulcano-sedimentar (Neoproterozóico), com litotipos apresentados na área sob a forma de metarenitos e metaconglomerados, além de metatufos (Figura 2).

Sobreposta a esta, ocorrem tufos vulcânicos com matriz fina e andesitos, relacionadas a eventos magmáticos de idade Neoproterozóica, reunidos na Formação Hilário.

A ocorrência Colônia de Santa Bárbara foi descrita por Bocchi (1965), e prospectada pelo DNPM durante o período de 1966 (BOCCHI, 1970).

Os trabalhos de prospecção iniciaram com o detalhamento geológico e topográfico da área e posterior abertura de três trincheiras, com amostragem de canal metro a metro em cada trincheira. Para comprovação do resultado aferido pela análise da amostra, foram realizados dois furos de sondagem perpendicularmente a estrutura, de modo tal que se obtivesse uma seção completa da faixa (Figura 3).

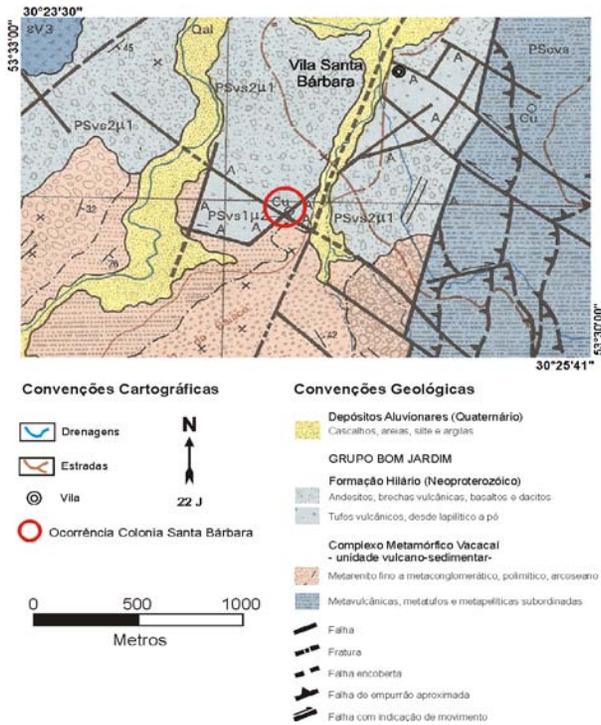


Figura 1 – Mapa geológico. (Adaptado de Porcher, 1995).

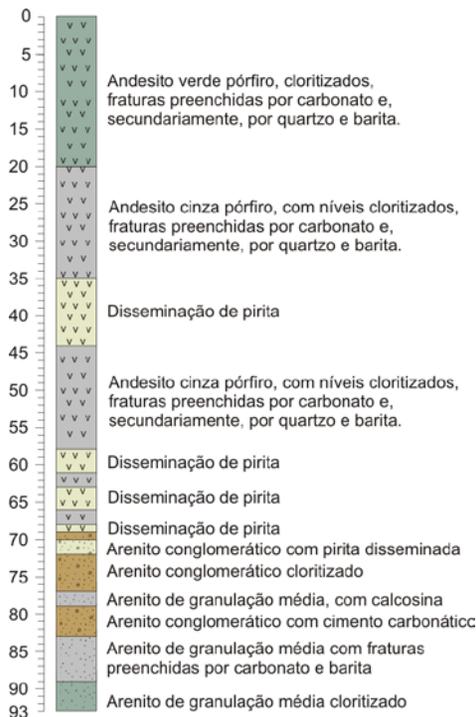


Figura 2 – Descrição do furo de sondagem (Schweig, 2010)

Método

O método da Polarização Induzida consiste na medida de um fenômeno de estimulação de voltagem gerado após o corte abrupto no sinal de corrente elétrica (SUMNER, 1976). Após um grande decréscimo inicial, a voltagem sofre um decaimento gradual e pode levar muitos segundos para atingir o valor zero. Os materiais geológicos apresentam o comportamento de um capacitor ao serem estimulados e acabam eletricamente polarizados. A magnitude deste efeito depende da intensidade da corrente aplicada e concentração de minerais metálicos (KEAREY *et al.*, 2002).

Medidas de polarização induzida podem ser efetuadas de duas formas básicas, IP no domínio do tempo e IP no domínio da frequência. Este trabalho realizou medidas de IP no domínio do tempo, em termos de mV/V.

Os parâmetros físicos de aquisição usados neste trabalho foram os seguintes: 200V de tensão, tempo de leitura de 2000ms e janela única de leitura de 160ms.

Inicialmente foram perfurados os pontos de fixação dos eletrodos, por meio de uma haste metálica. Posteriormente foram fixados os eletrodos de leitura, do tipo não polarizável e com base porosa, os quais foram preenchidos por uma solução supersaturada de sulfato de cobre (CuSO₄), posteriormente conectado ao cabo de leitura. (Figura 3).

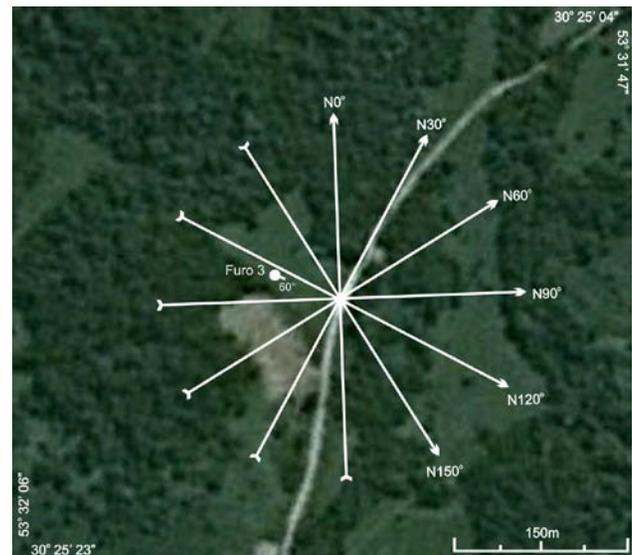


Figura 3 – Linha de caminhada elétrica. (Adaptado de Google Earth, 2011).

O processamento das linhas envolveu o uso do programa RES2DINV, que determina um modelo bidimensional (2D) da subsuperfície a partir de dados obtidos por levantamentos de caminhada elétrica.

Este programa é projetado para inverter grandes conjuntos de dados, o modelo 2D usado pelo programa de inversão consiste em uma série de blocos retangulares, a disposição dos blocos é ligado a distribuição dos pontos dos dados na pseudoseção. A distribuição e tamanho dos blocos é gerada automaticamente pelo programa conforme a distribuição dos pontos de dados. A profundidade da linha inferior dos blocos é definida para ser aproximadamente igual à

profundidade equivalente de investigação dos pontos de dados com o maior espaçamento entre eletrodos (EDWARDS, 1977).

A modelagem 3D utilizou somente os dados de campo, por meio do programa Oasis Montaj desenvolvido pela Geosoft. Este programa permite o processamento de um grande volume de dados espaciais. Permite ainda efetuar tarefas de processamentos complexos como: interpolação de dados, edição de mapas, edição e integração de dados de diversas naturezas.

Dentre os diversos algoritmos disponíveis no programa este trabalho adotou o método de mínima curvatura para interpolação dos dados de campo e geração de mapas de isovalores para todos os 10 níveis de profundidade investigados, para cada parâmetro medido e derivado. Posteriormente, estes mapas foram integrados sob a forma de um modelo tridimensional, cujo produto é apresentado neste trabalho.

Resultados e Discussão

A linha N0° apresenta um grande contraste entre a porção inicial, com valores entre 3,7 mV/V e 16 mV/V, e a porção final, com valores entre 3,7 mV/V e 0,40 mV/V. O intervalo de baixa resistividade descrito no final desta seção é caracterizado por elevados valores de cargabilidade. A hipótese aventada para resistividade também é aplicável para cargabilidade, pois junto aos sedimentos ocorre a deposição de argilominerais, polarizáveis conforme o fenômeno de polarização de membrana.

A linha N30° apresenta valores medianos e pouco variáveis em praticamente toda a seção, entre 7,8 mV/V a 34,5 mV. Entre 60 m e 195 m predominam valores entre 3,7 mV/V a 16 mV/V, sucedido por valores entre 16 mV/V e 34 mV/V entre 0m e 60 m e entre 195 m a 345 m. O intervalo entre 120 m e 135 m apresenta uma faixa vertical de baixa cargabilidade, aparentemente não relacionado com variações de resistividade. Em campo foi possível constatar que esta linha cruza tufos vulcânicos entre 0 m e 165 m, sucedida por metaconglomerados até o final.

Na linha N60° a seção apresenta um grande contraste de valores lateralmente, com faixa de transição entre 120 m e 180 m da linha. Entre 0 m a 120 m valores de cargabilidade relativamente altos e variam de 7,8 mV/V a 72,5 mV/V, que gradam para valores drasticamente menores a partir de 180 m, entre 0,40 mV/V a 1,8 mV/V.

Na linha N90° a seção apresenta um grande contraste de valores, que variam de 0,4 mV/V a 72,5 mV/V. O intervalo entre 0 m a 160 m predominam valores de cargabilidade em torno de 25 mV/V, com formato de um triângulo invertido. O intervalo entre 160 m e o final da seção é marcado por baixos valores de cargabilidade em profundidade.

A linha N120° apresenta quanto ao parâmetro cargabilidade, esta linha apresenta valores que variam de 3,7 mV/V a 34,5 mV/V, com valores decrescente sentido ao final da linha. O intervalo entre 0 m a 120 m é caracterizado por elevados valores de cargabilidade, entre 16 mV/V a 34,5 mV/V.

A linha N150° mostra que os resultados das medidas de cargabilidade nesta seção estão decrescendo de acordo com a profundidade, as camadas mais superficiais apresentam uma cargabilidade de aproximadamente 16,4 mV/v e a camada mais profunda detectada nesta seção apresenta valores de cargabilidade extremamente baixos em torno de 1,8 mV/v (Figura 3).

Os dados modelados para cada seção de cargabilidade foram georreferenciados e reunidos em uma única planilha para geração de modelos tridimensionais, apresentados em escalas de cores, onde elevados valores são apresentados em cores quentes (tons de rosa), enquanto que baixos valores são apresentados em cores frias (tons de azul).

Os blocos tridimensionais apresentam um ângulo de visão próximo a N40°, escolhido para uma visualização adequada das principais feições de maior importância aos objetivos do trabalho. Foram gerados dois blocos 3D por parâmetro físico medido, rotacionados para uma visão em perspectiva aérea e de subsuperfície

O bloco 3D em termos de cargabilidade revela claramente a ocorrência de altos valores entre o azimute N30° e N90°, com máximos em mV/V, predominante no início das linhas N30°, N60° e N90°, ou seja, na porção SW da área de estudos (Figura 4).

Esta região é representada por tufos a pó e tufos lapilítico que constituem as porções mais elevadas do terreno, localmente caracterizados por coloração vermelha a rosa escuro, com matriz de granulometria areia média e fragmentos centimétricos de clastos vulcânicos. Algumas exposições apresentam impregnações de carbonatos de cobre, com destaque para malaquita.

O furo 3 está posicionado em campo próximo ao contato por falha normal entre os tufos e metaconglomerados e descreve a presença de níveis sulfetados em piritita e cloritização em profundidade. Este furo está posicionado numa interface entre valores de cargabilidade moderados a altos, com mergulho para N120°, ou seja, sentido a uma zona de baixos valores de cargabilidade.

Conclusões

Os dados geofísicos apontam para anomalias de elevada cargabilidade que apresentam valores contrastantes entre litotipos, ou seja, baixos valores de cargabilidade para metaconglomerados e andesitos e altos valores para os tufos vulcânicos.

Diversos trabalhos de aplicação do método geofísico de Polarização Induzida em áreas de acumulações de sulfeto indicam a coincidência entre mineralizações hidrotermais, com altos valores de cargabilidade. A descrição do furo testemunhado apresenta vários níveis com sulfeto disseminado, intervalo de andesito cloritizado, além de impregnações de malaquita em afloramentos de superfície, que caracterizam a origem hidrotermal da mineralização.

A ocorrência mineral é associada ao cruzamento de dois sistemas de falhas no mapa geológico de maior detalhe disponível para a área, que sugere um depósito mineral estruturalmente controlado. Contudo, a alta cargabilidade ocorre basicamente em tufos vulcânicos, litotipo caracterizado por matriz fina a média e por fragmentos

epiclásticos. Desta forma, a geofísica aponta para um depósito sulfetado de origem hidrotermal basicamente formado pelo preenchimento de poros, com minério em fraturas de forma subordinada.

A disposição radial das linhas em superfície possibilitou a geração de modelos 3D, que permitem a análise integrada do parâmetro físico medido em diversas posições, além da compreensão espacial do corpo de minério.

Este estudo demonstra que uma interpretação adequada de dados geofísicos obtidos em prospecção mineral exige conhecimentos mínimos acerca dos principais modelos genéticos da mineralização.

Neste sentido, o reconhecimento de feições que caracterizem depósitos minerais e, que ao mesmo tempo, sejam detectáveis por meio de métodos geofísicos e contrastantes com as rochas encaixantes, também são fundamentais em geofísica de exploração mineral, como no caso de alterações hidrotermais e zonas de cimentação, representadas neste trabalho por cloritização e sulfetos disseminados.

Referências

- BOCCHI, P. R. 1970. Geologia da Folha de Caçapava do Sul, Rio Grande do Sul. Rio de Janeiro, DNPM, Boletim 245.
- COX, L. J.; CHAFFEE, M. A.; COX, D. P.; KLEIN, D. P. Porphyry Cu Deposits. In: Du BRAY, E. A. Preliminary compilation of descriptive geoenvironmental mineral deposits models. USGS Open-File Report 95-831, USGS, Colorado, 1995, p. 75-89.
- Du BRAY, E. A. Preliminary compilation of descriptive geoenvironmental mineral deposits models. U. S. Geological Survey, Denver, 1995, Open-file report 95-831.
- EDWARDS, L.S., A modified pseudosection for resistivity and induced polarization. *Geophysics*. v. 42, p. 1020 - 1036, 1977.
- GOOGLE EARTH. Versão 4.3 (beta). Europa Technologies – US Dept. of state Geographer, 2010.
- KEAREY, P; BROOKS, M; HILL, I. 2002. An Introduction to Geophysical Exploration; 3 ed; United Kingdom, Blackwell Publishing Company. 262 pp.
- PEREIRA, Ronaldo Mello. Fundamentos de Prospecção Mineral. Editora Interciência. 2003, 167p.
- PORCHER, C. A. 1995. Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil. Folha Passo do salsinho,
- SUMNER, J. 1976. Principles of induced polarization for geophysical exploration. 1 ed. Elsevier Scientific, Amsterdam, 277 pp.

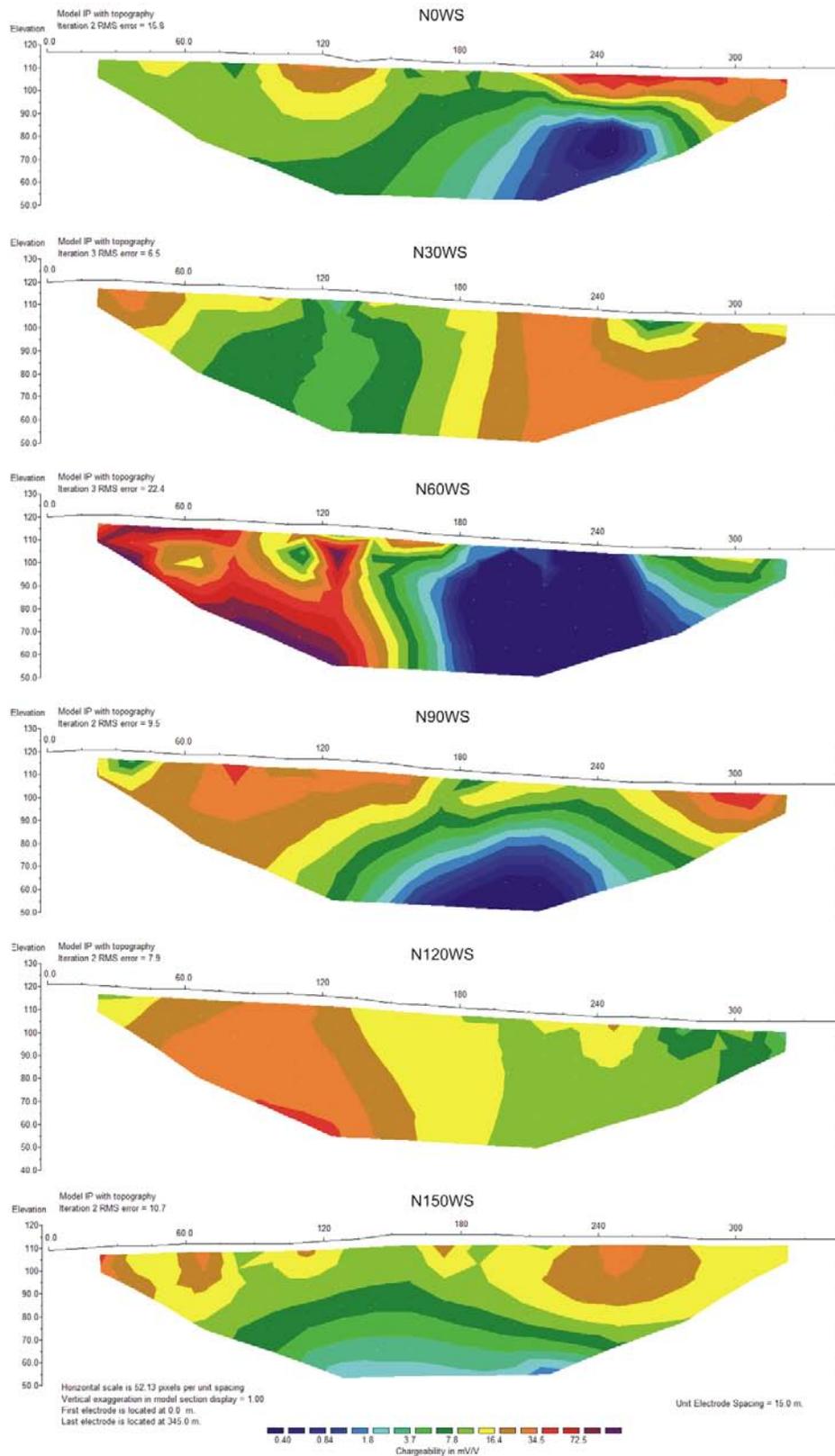


Figura 3 – Modelo de inversão em termos de Cargabilidade.

