



Aplicação dos métodos eletromagnéticos aéreos e de polarização induzida espectral em mineralizações de cobre/zinco tipo VMS.

Allan Fruchting*, João Henrique Boniatti*, Eduardo Henrique**, Gustavo Diniz Oliveira *, Saulo Batista de Oliveira* e Paulo Fernando Ravacci Pires*

* Votorantim Metais **Reconsult Geofísica

Copyright 2009, SBGf - Sociedade Brasileira de Geofísica

This paper was prepared for presentation during the 11th International Congress of the Brazilian Geophysical Society held in Salvador, Brazil, August 24-28, 2009.

Contents of this paper were reviewed by the Technical Committee of the 11th International Congress of the Brazilian Geophysical Society and do not necessarily represent any position of the SBGf, its officers or members. Electronic reproduction or storage of any part of this paper for commercial purposes without the written consent of the Brazilian Geophysical Society is prohibited.

Abstract

Geophysical methods have become very important in mineral exploration. The investigations by the electromagnetic (EM), magnetic and electrical methods can guide the drill hole planning over geophysical anomalies related to Volcanogenic Massive Sulfide (VMS) Type Cu/Zn mineralization or any other conductive base metal mineralization.

The new systems helicopter airborne time domain electromagnetic such as VTEM (Versatile Time Elettromagnetic) provided a good estimate of depth and dip of conductor bodies. It is possible to determine some physical properties that assist on the prioritization and to define the sequence of follow-up program. After modeling and making the inversion of EM data it is possible to drill these conductors with great chance of success straight from airborne data.

The modeling results of VTEM data with softwares such as Maxwell or EM-Flow, combined with geochemical and ground geophysical surveys certainly provide large accuracy on planning a drill campaign.

This paper shows and discusses the results of VTEM application coupled with SIP survey in the definition of drilling targets in a volcanic sedimentary sequence with potential to Volcanogenic Massive Sulfide deposits (VMS). In this case, SIP method (Spectral Induced Polarization) was used in order to define chargeability anomalies associated with sulphides and to position more precisely the source of electromagnetic anomaly detected by VTEM survey.

The induced polarization survey confirmed the depths estimated by the modeling of VTEM data. The drill holes executed over EM and chargeability (CHG) anomalies associated with anomalous geochemical zones, intercepted massive and disseminated sulphide levels most often consisting of pyrrhotite, marcassite, chalcopryite and esfalerite.

Introdução

O presente trabalho utiliza como estudo de caso a região compreendida pelo Complexo Barro Alto, o qual encontra-se intercalado por uma série de faixas vulcanossedimentares, tectonicamente colocadas em um sistema transcorrente. As faixas de rochas relacionadas às seqüências vulcanossedimentares foram o objeto principal deste estudo, com o intuito de se identificar mineralizações de cobre / zinco relacionadas a depósitos tipo VMS (**Volcanic-hosted Massive Sulphide**). De maneira informal, esta associação litológica e contexto geológico será referido no texto como relacionado ao Projeto Rio do Peixe (RPX).

Neste sentido, destaca-se a aplicação de métodos geofísicos, os quais tornaram-se fundamentais na prospecção de depósitos de cobre / zinco tipo VMS. As investigações através dos métodos eletromagnéticos (VTEM - *Versatile Time Elettromagnetic*), magnéticos e elétricos (SIP - *spectral induced polarization*) podem orientar a sondagem exploratória sobre anomalias geofísicas que possam estar relacionadas à mineralizações sulfetadas de zinco associadas a cobre, do tipo VMS.

O desenvolvimento de novos sistemas eletromagnéticos do domínio do tempo aerotransportados por helicóptero, como o VTEM, permitem uma boa estimativa de profundidade e de mergulho dos corpos condutores, bem como determinar algumas propriedades físicas que auxiliam na priorização das anomalias e consequentemente definem a seqüência do programa de *follow-up* a ser conduzido. Após a modelagem e inversão de dados é possível sondar estes condutores com grande chance de acerto no que se refere à posição e profundidade dos corpos.

No presente trabalho, o levantamento elétrico SIP foi utilizado com objetivo de definir anomalias de cargabilidade associadas a sulfetos polarizáveis, melhor posicionando a fonte da anomalia eletromagnética detectada pelo aerolevanteamento VTEM.

A análise integrada dos resultados do modelamento dos dados de VTEM, em programas como o *Maxwell* ou o *EM-Flow*, aliados aos levantamentos geofísicos e geoquímicos terrestres, são decisivos na melhor locação dos furos de sonda exploratórios. Destaca-se, todavia, que com as tecnologias atuais torna-se possível sondar diretamente a partir de dados eletromagnéticos aéreos.

Desta maneira, este trabalho mostra e discute os resultados da aplicação conjunta da metodologia supracitada, através dos quais foi possível identificar níveis de sulfeto maciço com teores anômalos de Cobre e zinco.

Geologia do Alvo Rio do Peixe

A área de estudo está inserida no complexo de Barro Alto na porção central de Goiás. Este complexo, juntamente com os complexos Niquelândia e Cana Brava, compreendem grandes intrusões máficas-ultramáficas acamadadas metamorfasadas em alto grau entre 760 a 780 Ma (Pimentel et al., 2006), expostas na porção interna da Faixa Brasília. Os três corpos separados formam um alinhamento de cerca de 350 km, que têm sido interpretados como parte de um grande rift continental (Ferreira Filho, 1994). A oeste, estes complexos estão em contato com as seqüências vulcanosedimentares bimodais conhecidas como Juscelândia, Indaianópolis e Palmeirópolis, respectivamente como ilustrado na Figura 1.

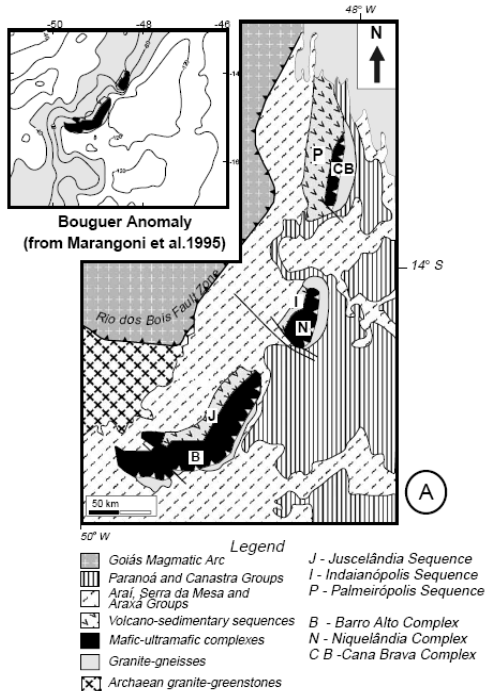


Figura 1. Mapa geológico esquemático ilustrando os complexos máficos-ultramáficos Barro Alto, Niquelândia e Cana Brava (Marangoni et al. (1995) em Pimentel et al. (2006).

A geologia local é constituída por três associações principais de rochas: gabronoritos, hb-gabronorito-gnaisses, e metapelitos metamorfasadas em fácies anfibolito alto a granulito.

Os níveis sulfetados com algum potencial mineral ocorrem no contato tectônico entre os granulitos gabronoríticos (capa) e os metassedimentos pelíticos anfibolitizados (granada-biotita xisto grafitoso e silimanita-granada quartzito grafitoso) na lapa. Em superfície, estes níveis são representados por gossans constituídos por

material brechóide com matriz fina vermelha/ocre (sulfeto oxidado) com quartzo estirado e ou granada. A sulfetação ocorre como matriz de brecha, com espessuras variáveis entre 1 a 5m.

Petrograficamente estes níveis foram classificadas como Brecha Enderbítica. Estas rochas apresentam-se fortemente brechadas com fragmentos e cristais de silicatos cimentados por sulfetos. Parte do quartzo presente é possivelmente de origem hidrotermal. Pela composição mineralógica e também devido à presença de cristais subhedrais de plagioclásio e ortopiroxênio, provavelmente relictos de uma textura granular da rocha ígnea original, supõe-se que a rocha original fosse uma rocha ígnea ácida intrusiva, possivelmente um enderbito (hiperstênio tonalito), pertencente à Série Charnockítica. Entretanto, existe a possibilidade de todo o quartzo presente ser secundário de origem hidrotermal e neste caso a rocha original seria uma rocha básica, de composição gabronorítica. Pirrotita é o sulfeto principal com porcentagem em volume variando de 39% a 53%. Marcassita pode ocorrer com freqüência originada por alteração da pirrotita. Calcopirita é o segundo sulfeto mais freqüente e esfalerita ocorre em menores proporções.

Levantamentos conduzidos

Sobre a área de interesse, foi realizado um levantamento EM helitransportado (VTEM). A direção escolhida para o vôo foi NS, para melhor acoplamento eletromagnético com as estruturas EW, com espaçamento de 250m entre linhas de vôo e 2500m para linhas de controle. Após a seleção dos principais conjuntos de anomalias condutivas, foram separados aqueles que deveriam ser modelados e detalhados por métodos terrestres tanto geoquímicos como geofísicos.

Sobre os conjuntos de anomalias foram realizados levantamentos geoquímicos de solo, e posteriormente duas fases de SIP, totalizando 57 km. O levantamento de IP foi realizado com arranjo dipolo-dipolo, com espaçamento entre eletrodos de corrente e de potencial de 50m e na maioria das vezes com espaçamento entre linhas de 200 metros e secundariamente com 400 metros.

Anomalias EM selecionadas e Modelamento eletromagnético

Na área do levantamento VTEM, foram definidos *pick points* ao longo dos perfis eletromagnéticos, linha a linha. Neste procedimento é gerado um grande número de anomalias, as quais foram agrupadas e priorizadas em conjuntos de alvos para detalhamento terrestre.

Entre os alvos selecionados, um conjunto de anomalias chamou atenção por refletir um corpo muito condutivo. Esta zona foi definida como alvo principal RPX, aonde foi realizado os demais levantamentos e estudos.

A Figura 2 ilustra a anomalia condutiva do Alvo RPX, representada pela Imagem dB/dT, correspondente a 2.66ms. Abaixo da imagem em planta, o bloco 3D exemplifica os principais resultados do modelamento tipo

plate models e CDI's. A Figura 3 ilustra uma CDI, referente à L7170, com o posicionamento e assinatura EM (perfis) típica dos condutores associados à sulfetação do projeto RPX.

A Figura 4 ilustra como através da geração das CDI's, é possível estimar o mergulho dos corpos condutores.

Os dados EM foram analisados em dois softwares de análise e modelagem. No primeiro, EM Flow, é possível simplificar a interpretação dos perfis eletromagnéticos, onde são geradas CDIs (Conductivity Depth Image) para a melhor compreensão da geologia regional bem como a disposição dos principais condutores. Observou-se que as estimativas de profundidades definidas dentro das CDIs não têm uma precisão ideal, como verificado pelos furos realizados sobre os condutores, porém em relação ao mergulho e no caso de escassez de afloramentos, esta ferramenta pode definir o mergulho do corpo condutor.

Com relação à condutância podemos obter uma classificação para os principais condutores, a partir do EMFlow, desde que sejam significativos. Para os principais condutores do alvo RPX, foram obtidos os valores entre 7 e 10S, que por muitas vezes coincidem com outros depósitos tipo VMS, a exemplo de Montcalm, Iso, Caber e Montbray.

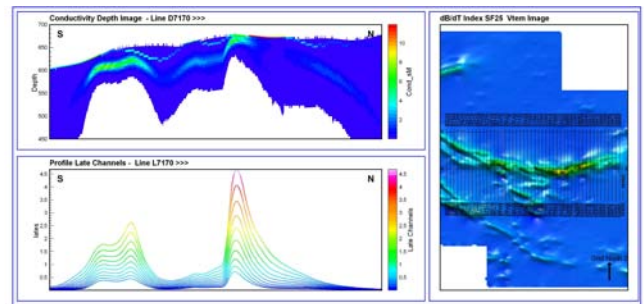


Figura 3 – CDI gerada a partir da L7170 com a posição e assinatura (perfis) típica dos condutores do alvo RPX.

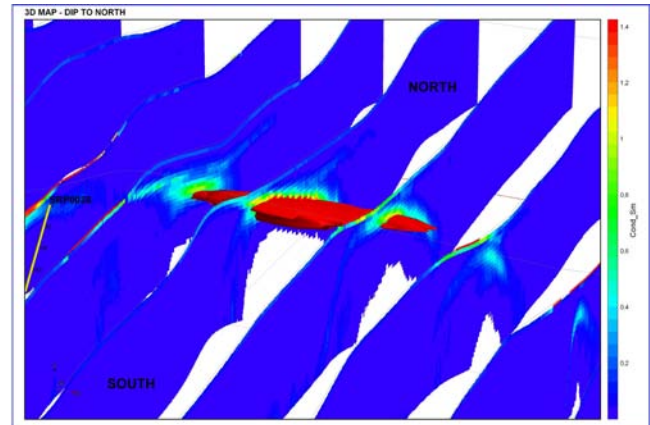


Figura 4 – Definição de Mergulho dos corpos condutores através de CDIs geradas através de dados Vtem.

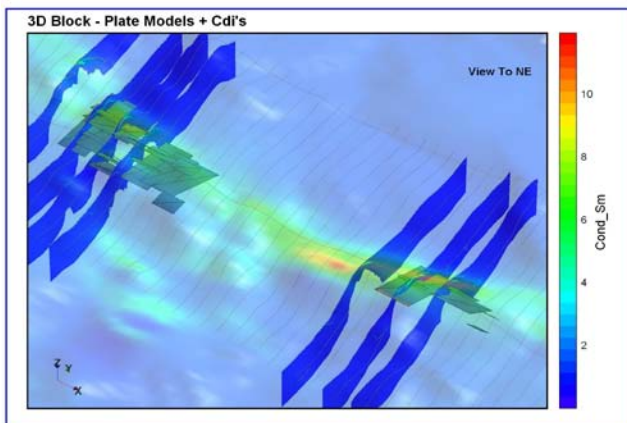
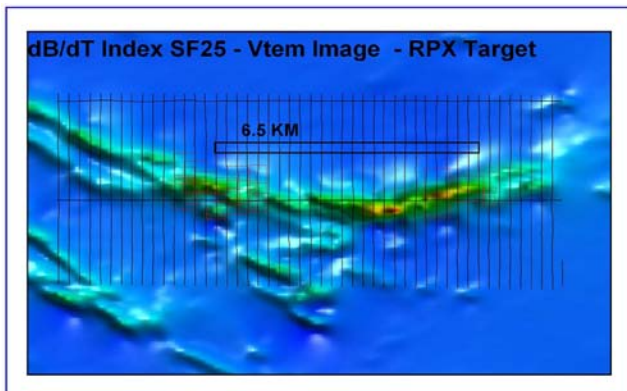


Figura 2 – Imagem Canal dB/dT correspondente a 2.66ms e Bloco 3D com Cdi's e Plate Models.

Como complemento a análise feita com o EM Flow, uma melhor estimativa de profundidade e de atitudes dos corpos condutores pôde ser feita utilizando um segundo software de modelamento, denominado Maxwell™.

Nesta ferramenta foram inseridos os dados EM recortados para as anomalias de interesse, o que facilita o modelamento, e depois da parametrização dos dados de VTEM, é feito o ajuste do campo eletromagnético observado para um modelado, podendo assim extrair algumas propriedades físicas. O modelamento mostrou que a maioria dos centros dos condutores estão a profundidades menores que 100 metros. Em termos de mergulho o comportamento dos condutores é também homogêneo, todos apresentam uma leve tendência de mergulho para norte, mas o forte caráter sub-horizontal prevalece na maioria das vezes, que coincide com mergulho obtido em campo.

Muitos dos modelos obtidos tiveram bons ajustes. Contudo, para alguns modelos foi necessário adicionar uma placa condutora "regional" para retirar um efeito de background que melhora o ajuste dos corpos alvos. Esta placa "regional" pode ter um significado geológico, como uma falha ou mesmo uma camada litológica, mas existe a probabilidade que ela seja necessária simplesmente para compensar algum efeito da cobertura condutiva que não foi contabilizada no processo de inversão.

Convém lembrar que a maioria das anomalias de EM podem ter várias causas, mas na maioria das anomalias intensas, como as observadas nos alvos, às fontes estão quase sempre relacionadas à pirrotita monoclinial,

Aplicações de EM aéreo e SIP em pesquisa de Cu/Zn tipo VMS

algumas magnetitas (muitas vezes as hidrotermais), níveis grafitosos e rochas/estruturas saturadas por água salobra.

A partir da modelagem no *Maxwell*TM, quando trabalhamos com placas, ao invés de prismas, atribuímos um corpo sem espessura, portanto, não podemos definir uma condutividade a este corpo, pois a condutividade está sempre associada a um volume de material, sendo assim, definimos o produto condutividade-espessura (CT). Para um CT fixo, quando maior a espessura dele, menor será a sua condutividade. Para todos os modelos obtidos é estimado um produto CT que auxilia na priorização dos condutores.

As Figuras 5 e 6 ilustram o a confecção do modelo de placas durante a modelagem dos dados de VTEM do alvo RPX.

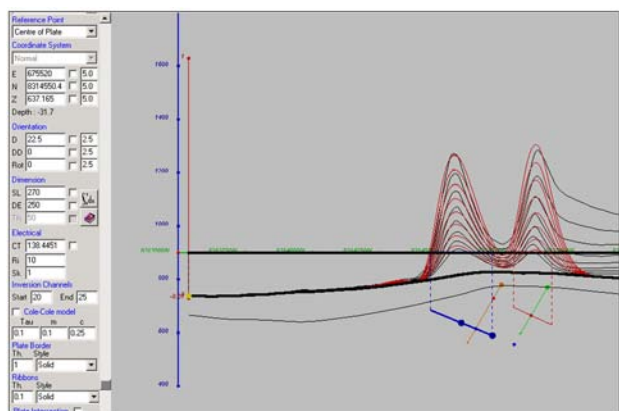


Figura 5 – Ajuste do campo eletromagnético observado para um modelo de plate models.

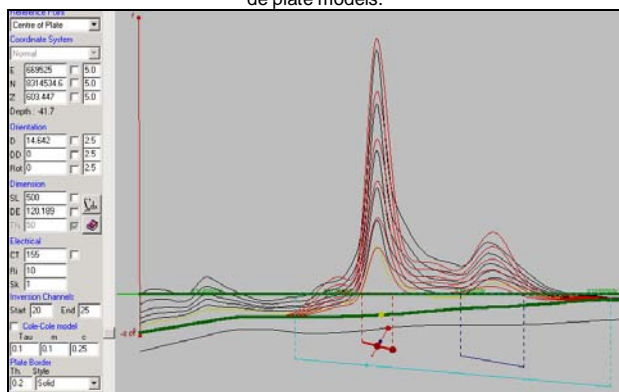


Figura 6 – Ajuste do campo eletromagnético observado para um modelo de plate models.

A Tabela 1 apresenta os resultados obtidos para modelagem dos principais condutores, a profundidade do centro da placa, o mergulho e o produto CT (Conductivity Thickness). Esses atributos orientam a sondagem, principalmente no que se refere à profundidade.

Em termos de modelagem EM, os dados provenientes de VTEM são excelentes, onde geralmente o ajuste das curvas do campo observado para um modelado é relativamente simples. Uma vez que realizado o

levantamento é fundamental o uso deste tipo de modelagem.

Tabela 1 – Atitudes e Profundidades dos principais condutores modelados para o alvo RPX.

Alvo	Line	Dip	Depth Center Point	CT em Siemens	Observações
RPX	6900	20°	60	680(?)	Ajuste muito ruim, anomalia já sondada.
	6910	25°	80	147	Recomendado sondar este corpo
	6910	23°	32	138	Corpo já sondado.
	6920	22°	63	94	Recomendado sondar
	6920	20°	90	93	Recomendado sondar
	6930	17°	50	305	Ajuste ruim pois a anomalia é muito complexa.
	6950	34°	17	29	Ajuste ruim pois a anomalia é muito complexa.
	6960	13°	56	112	Recomendado sondar.
	6970	7°	62	150	Recomendado sondar.
	6970	7°	77	130	Recomendado sondar.
RPX	7130	2°	116	93	Recomendado sondar.
	7130	0	253	76	-
	7140	7,5°	111	100	-
	7150	15°	42	155	Recomendado sondar.
	7150	10°	116	72	-
	7160	25°	219	59	-
	7160	28°	324	59	-
	7170	10°	52	96	Recomendado sondar.
	7170	10°	67	148	Ajuste não muito bom.
	7170	15°	49	120	Ajuste ruim.
	7180	8°	45	60	Recomendado sondar
	7190	8°	75	128	-
	7190	5°	65	100	-
	7190	7°	67	83	-
	7200	10°	130	88	Recomendado sondar.
7200	15°	140	100	-	

Polarização Induzida Espectral

Frente ao modelamento das placas proveniente dos dados VTEM, optou-se por realizar um levantamento de polarização induzida espectral para melhor posicionar a fonte da anomalia eletromagnética, que poderia estar relacionada à mineralizações sulfetadas. Para tal, o arranjo dipolo-dipolo foi usado com espaçamento AB-MN de 50m.

A polarização induzida espectral é um método elétrico comumente empregado na exploração mineral. Através dele é possível medir a resistividade aparente ($\text{ohm} \cdot \text{m}$), de um tipo rochoso bem como medir a capacidade do meio em acumular energia eletroquímica (mV/V).

De acordo com Telford *et al.* (1998), os sulfetos polarizáveis (mV/V) em ordem decrescente são: Pirita (13.4); Calcosita (13.2); Cobre (12.3); Grafita (11.2),

Calcopiritita (9.4); Bornita (6.3); Galena (3.7); Magnetita (2.2); Malaquita (0.2); Hematita (0.0).

Os resultados obtidos confirmaram a presença de dois tipos principais de anomalias de cargabilidade, (Figura 6).

O primeiro, (CHG 1), característico de sulfetação disseminada, com valores de CHG entre 10 e 20mV/V, de pequeno porte e um segundo tipo (CHG 2), maior com valores de cargabilidade entre 30 e 50mV/V, com um topo de anomalia muito bem definido, neste caso específico característico de sulfeto maciço, com forte verticalização da anomalia na inversão, com suave mergulho para NE observado no topo. Esses dois tipos de anomalias se repetem nas demais linhas. A Figura 7 ilustra este fato, através de seções empilhadas de SIP sobre uma parte do condutor EM.

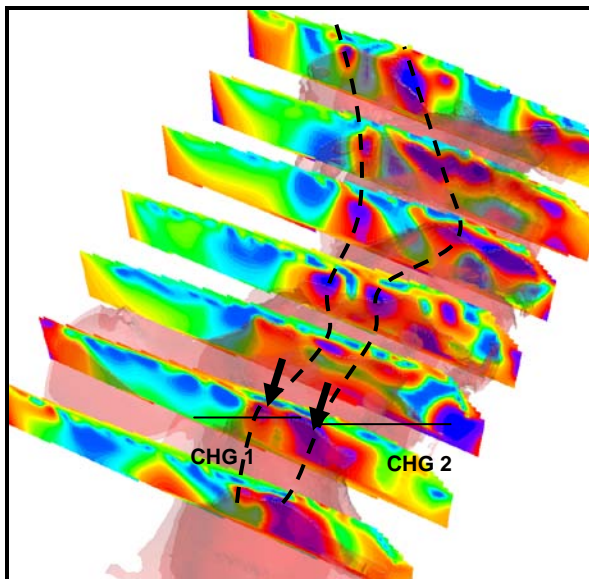


Figura 7 – Seções empilhadas sobre de SIP sobre uma porção do principal condutor EM do Alvo RPX.

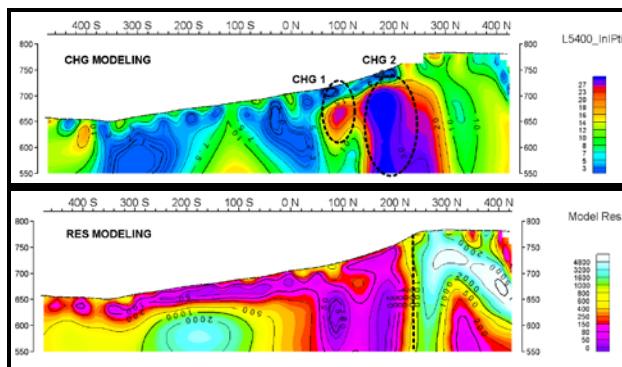


Figura 8 – Seções LT 5400 sobre anomalia EM + zona anômala de zinco de 400ppm em solo.

As seções de resistividade são bastante semelhantes e tiveram grande valor para mapeamento de estruturas rúpteis, identificadas em campo como brechas constituídas de material gossânico. Note na seção de resistividade (Figura 8) o grande contraste vertical de

resistividade, onde a corrente elétrica não encontra resistência.

Integração de Modelos x Sondagem Exploratória

Após modelamento dos dados e eletromagnéticos e elétricos e integração dos resultados com geologia e geoquímica de solo, foi realizada uma campanha de sondagem exploratória, onde foram testados diretamente os principais condutores.

Os resultados são satisfatórios do ponto de vista técnico para o modelamento e interpretação dos dados geofísicos. Em 2007 foram realizados três furos exploratórios sobre os principais condutores e anomalias de cargabilidade associados a zonas anômalas geoquímicas de cobre e zinco. Os três furos interceptaram zonas sulfetadas disseminadas e maciças essencialmente constituídas de pirrotita e marcassita e subordinadamente, calcopiritita e esfalerita, na maioria das vezes em dois níveis, sendo o primeiro situado antes dos 60m, com passagem sulfetada disseminada e um segundo entre 100 e 110m, geralmente maciço. Estes níveis coincidem com diferença de 10 e 29m com as profundidades estimadas ora pelo modelo de placas ora pelo topo das anomalias de cargabilidade.

Na segunda campanha em 2008, foram realizados cinco furos, sendo dois deles, locados sobre as anomalias EM modeladas, que interceptaram um nível principal de sulfetação maciça, por vezes disseminadas, com diferença de no máximo 24m daquela modelada com dados VTEM.

As Figuras 9 e 10 ilustram os furos exploratórios SRP0004 e SRP0006 realizados na primeira fase, integrados com os resultados dos modelamentos de EM e SIP e nível de sulfetação interceptado representado por bar plot de cor vermelha.

A Tabela 2 apresenta a comparação das estimativas das profundidades provenientes do modelamento EM, das profundidades dos topos das anomalias de cargabilidade e das profundidades das interseções mineralizadas de Cu/Zn.

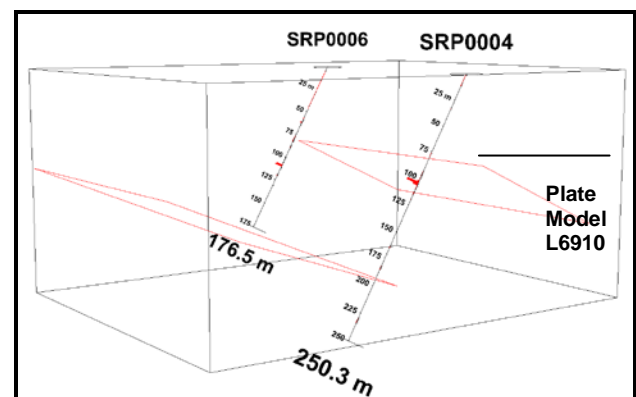


Figura 9 – Furos SRP0006 e SRP0004, com nível sulfetado na representado por BarPlot vermelho e Plate model L6910, com diferença de 29 e 23m respectivamente entre interseção e modelo, considerando a profundidade do centro da placa.

Aplicações de EM aéreo e SIP em pesquisa de Cu/Zn tipo VMS

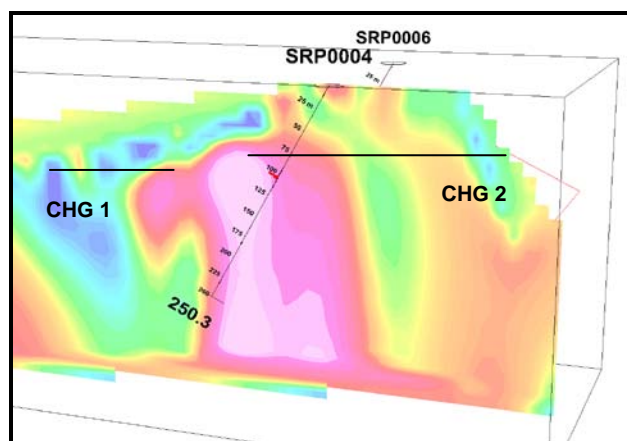


Figura 10 – Furos SRP006 e SRP004, com nível sulfetado na representado por *BarPlot* vermelho e seção de SIP L6600, onde a sulfetação coincide com topo de CHG 2, com diferença de 29 e 23m respectivamente entre intersecção e modelo.

Tabela 2 e 3 - Comparação entre as profundidades estimadas do modelamento EM topo das anomalias de cargabilidade e interseções mineralizadas.

HOLE ID	TOTAL DEPTH	DEPTH MODELING VTEM	DEPTH SIP	FROM	TO	LITO
SRP004	250.3	NORTH L6910 - 80M PLATE	120M	102.56	106.64	GL/DS/MS
SRP006	176.5	NORTH L6910 - 80M PLATE	120M	108.75	110.45	GL
SRP008	199.6	L6930 - 50M	WITHOUT SIP	55.42	59.44	GL
SRP029	203.1	L7170 - 50M	WITHOUT SIP	26.65	30.47	GL/FC
SRP026	212.2	L7170 - 50M	WITHOUT SIP	25.12	37	DS/GL

HOLE ID	SULFIDES	DIFFERENCE FROM VTEM MODELING	DIFFERENCE FROM SIP
SRP004	30%	23M	17M
SRP006	38%	29M	11M
SRP008	7%	5M	WITHOUT SIP
SRP029	44%	23M	WITHOUT SIP
SRP026	8%	24M	WITHOUT SIP

A Figura 11 ilustra os furos exploratórios SRP0029 e SRP0066 realizados na segunda fase, integrados com os resultados dos modelamentos de EM e nível de sulfetação interceptado representado por bar plot de cor vermelha.

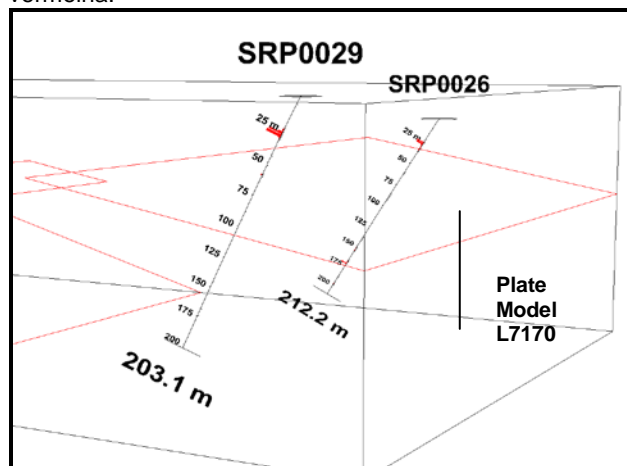


Figura 11– Furos SRP0029 e SRP0026, com nível sulfetado na representado por *BarPlot* vermelho e Plate model L7170, com diferença de 23 e 24m respectivamente entre intersecção e modelo, considerando a profundidade do centro da placa.

A Figura 12 ilustra a sulfetação típica interceptada pelos furos executados, onde a Pirrotita é o sulfeto principal com porcentagem em volume variando de 39% a 53%, a Marcassita pode ocorrer com freqüência originada por alteração da pirrotita e a Calcopirita é o segundo sulfeto mais freqüente e esfalerita ocorre em menores proporções.



A integração dos resultados obtidos pela sondagem exploratória sobre as principais zonas condutivas e anomalias de cargabilidade do Alvo RPX, mostram que os métodos EM e SIP são fundamentais para orientação da sondagem. Na maioria dos furos onde existem estes tipos de anomalias a diferença entre profundidade da sulfetação e do esperado pelos modelos não passam de 29m.

Conclusões

No presente estudo de caso, é notório que a utilização integrada dos métodos eletromagnéticos VTEM e polarização induzida espectral são fundamentais para o sucesso da exploração mineral relacionada a depósitos de Cu/Zn Tipo VMS. Como neste tipo de mineralização a pirrotita associada à mineralização é bastante comum, os métodos são perfeitamente empregados, uma vez que a pirrotita é bastante condutora e polarizável.

No projeto Rio do Peixe, os condutores definidos pelo aerolevantamento VTEM estão associados à sulfetação existente. É possível afirmar que todo furo executado sobre condutores VTEM tem grande chance de interceptar níveis sulfetados associados à mineralizações de Cu/Zn, independente de estar relacionado espacialmente com anomalias magnéticas.

Certamente a geoquímica de solo é uma ferramenta apropriada para priorização dos alvos sobre os condutores, neste caso, levando-se em consideração depósitos aflorantes ou sub aflorantes e a extensão dos condutores. Por vezes anomalias de maior condutância nem sempre apresentam os melhores resultados, em

sondagem, por estas estarem associadas principalmente a pirrotita e subordinadamente a calcopirita.

Uma vez empregado o método EM, é fundamental o modelamento dos corpos condutores para o posicionamento mais preciso da fonte da anomalia eletromagnética, bem como a definição de suas atitudes e condutância que podem orientar a um programa de follow-up e a sondagem exploratória.

Como complemento ao método eletromagnético a polarização induzida espectral é um excelente método, tanto para confirmar a posição e a profundidade do condutor, quanto mapear estruturas rúpteis em subsuperfície através das seções de resistividade.

O levantamento polarização induzida confirmou as profundidades estimadas pela modelagem dos dados VTEM. As sondagens executadas sobre as anomalias EM e de cargabilidade (CHG), associadas a zonas anômalas geoquímicas, interceptaram níveis sulfetados maciços e disseminados e na maioria das vezes constituído de pirrotita, marcassita, calcopirita e esfalerita.

Quando comparamos as estimativas de profundidade entre o modelamento de placas, providos pelo software *Maxwell*TM e pelo topo das anomalias de cargabilidade tipo CHG 1 e CHG 2, com as interseções mineralizadas de Cu/Zn nos furos exploratórios, as diferenças são pequenas em termos de geofísica exploratória, não ultrapassando os 29m.

Apesar da utilização de polarização induzida terrestre sobre os condutores, pode-se afirmar que é possível a investigação direta com sondagem exploratória dos corpos condutores modelados (modelos de placas) a partir dos dados aéreos VTEM de alta densidade.

Agradecimentos

Os autores agradecem a Votorantim Metais Ltda e Xstrata Brasil por disponibilizarem os dados e permitir a publicação deste artigo.

Referências

Telford W. M., Geldart I. P., Sheriff R. E. Induced Polarization. In: Applied Geophysics. 2 Ed. Cambridge: Cambridge University Press, 1990, Cap. 9, p. 578 - 610.

Davis, J.C. & McCullagh, M.J. (orgs.) 1975. Display and analyses of spatial data, New York, John Wiley, 38-53 p.

Ferreira Filho, C.F., 1994. The Niquelândia mafic-ultramafic layered intrusion, north Goiás, Brazil: petrology, age and potential for PGE ore deposits. PhD Thesis, University of Toronto, unpublished, 270 pp.

Pimentel, M.M., Ferreira Filho, C.F., Armele, A., 2006. Neoproterozoic age of the Niquelândia complex, Central Brazil: Further ID-TIMS and Sm-Nd isotopic evidence. J. South Amer. Earth Sci. 21, 2

Aplicações de EM aéreo e SIP em pesquisa de Cu/Zn tipo VMS