

Caracterização geolétrica do gabro Santa Catarina, São Sepé (RS)

César Augusto MOREIRA¹, Alice Marques PEREIRA² & Mara Lia Dias CAVALHEIRO³

1. Departamento de Geologia Aplicada, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho. Av. 24-A, 1515, Bela Vista, CEP 13506-900, Rio Claro, SP, Brasil. E-mail: moreirac@rc.unesp.br.

2. Programa de Pós-graduação em Geociências e Meio Ambiente, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho. Av. 24-A, 1515, Bela Vista, CEP 13506-900, Rio Claro, SP. E-mail: alicemp2009@gmail.com.

3. Programa de Pós-graduação em Geociências. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Av. Bento Gonçalves, 9500, CEP 91501-970, Porto Alegre, RS, Brasil. E-mail: maraliacavalheiro@gmail.com.

Recebido em 10/2012. Aceito para publicação em 11/2013.

Versão online publicada em 04/04/2014 (www.pesquisasemgeociencias.ufrgs.br)

Resumo - Os métodos geofísicos são largamente empregados na pesquisa dos mais diversos tipos de depósitos minerais. Quando combinados com estudos diretos como geoquímica em amostras de solos ou rochas, possibilitam um aumento substancial na probabilidade de descoberta de jazimentos. Os métodos geofísicos elétricos são particularmente promissores em estudos voltados à busca de sulfetos devido ao contraste das propriedades físicas resistividade elétrica e cargabilidade. Este trabalho apresenta os resultados da aplicação dos métodos eletrorresistividade e polarização induzida, por meio da técnica de caminhamento elétrico, com o objetivo de avaliar o potencial mineral do gabro Santa Catarina, localizado no município de São Sepé (RS), numa região onde foram descritas várias ocorrências de ouro e sulfetos. Este gabro é classificado no domínio de Corpos Básico-Ultrabásicos Estratiformes, que reúne peridotitos, gabros e anortositos acamadados. Foram realizadas três linhas de caminhamento elétrico dispostas de forma radial, com cruzamento no centro da área e separação de 60° entre linhas e leituras de resistividade elétrica e cargabilidade em arranjo Wenner-Schlumberger. A associação de áreas de baixa resistividade e alta cargabilidade obtida a partir de modelos de inversão bidimensionais permitiu definir zonas potencialmente mineralizadas, relacionadas com estruturas que condicionam a rede de drenagem no domínio do gabro. Pintas de ouro detectadas em campanha de prospecção geoquímica em sedimento de corrente à jusante do gabro podem ser originadas da lixiviação de depósitos contidos em fraturas, por ação de águas fluviais no domínio do gabro, possivelmente caracterizados por sulfetos e ouro associado.

Palavras-chave: gabro Santa Catarina, pesquisa mineral, geofísica, sulfeto, ouro, geoquímica.

Abstract – GEOPHYSICAL CHARACTERIZATION OF THE SANTA CATARINA GABBRO, SÃO SEPÉ (RS). Geophysical methods are widely used in mineral exploration for several types of mineral deposits. When combined with direct studies as geochemistry, a substantial increase in the probability of ore discovery is possible in mineral exploration activities. Electrical geophysical methods are particularly promising in studies related to the search of sulphides due to the contrast of physical properties electric resistivity and chargeability. This paper presents the results obtained from the application of Resistivity (DC) and Induced Polarization methods, through the electrical profiling technique, aiming at evaluating the potential mineral of a gabbro intruded in a metasedimentary sequence, in an area where several occurrences of gold and copper were described. This gabbro is ranked on the Basic-Ultrabasic stratiform bodies, which gather peridotites, gabbros, and layered anortosites. Three radial lines of electrical profiling were performed, spaced of 60° and crossing at the area center, with readings of electric resistivity and chargeability in Wenner-Schlumberger array. The association of low resistivity and high chargeability areas has allowed defining potentially mineralized zones related to structures that condition the drainage net in the gabbro domain. Grains of gold detected through geochemical prospecting of alluvial sediments downstream from the gabbro may have originated from leaching of ores deposited in fractures through the action of river waters within the gabbro domain, possibly consisting of sulphides and gold.

Keywords: gabbro Santa Catarina, mineral research, geophysics, sulfides, gold, geochemistry.

1 Introdução

A mineração compreende etapas de pesquisa, lavra e beneficiamento de insumos extraídos a partir de depósitos minerais. Atividades como siderurgia, metalurgia, manufatura de bens, além de indústrias químicas e farmacêuticas consomem grandes quantidades

destes materiais.

O Brasil é hoje o principal exportador mundial de insumos como minério de ferro, além de ser um dos maiores produtores de ligas de aço e alumínio, atividades de fundamental importância para o equilíbrio da balança comercial devido à elevada demanda por parte do mercado externo.

O objetivo primordial da pesquisa mineral é a descoberta de novos depósitos, além do detalhamento ou reavaliação de depósitos conhecidos, por meio de uma série de técnicas de investigações geológicas diretas e indiretas, planejadas de maneira a fornecer um detalhamento crescente dos condicionantes geológicos das mineralizações.

Recursos diretos como amostragem de solo, rocha e águas para análises químicas, representam métodos diretos de investigação. Essas amostras podem ser provenientes da superfície, a partir de coleta direta ou por tradagem, ou de subsuperfície, a partir de amostras de testemunhos de sondagem ou de galerias (Peters, 1978; Maranhão, 1985).

A pesquisa por meio de ferramentas indiretas de investigação é baseada no contraste de propriedades físicas intrínsecas aos materiais geológicos e pertinentes à pesquisa mineral. Tais métodos são representados basicamente pela geofísica aplicada, cujos dados podem ser adquiridos por meio de aerolevantamentos ou campanhas terrestres, além do uso de sensores remotos e fotos aéreas (Telford *et al.*, 1990; Moon *et al.*, 2006).

Dentre os métodos geofísicos de aquisição terrestre, os elétricos e eletromagnéticos são amplamente aplicados em pesquisa mineral devido à grande variação dos parâmetros físicos medidos no ambiente geológico. Esta variação é relevante e substancial em diversos casos, a ponto de resultar em contrastes marcantes entre depósito mineral e rocha hospedeira.

Os métodos geofísicos tradicionalmente empregados na pesquisa mineral de metais básicos são a eletrorresistividade e a polarização induzida, eletromagnéticos nos domínios do tempo e da frequência, além da magnetometria (Moon *et al.*, 2006). O uso combinado destes métodos na pesquisa de sulfetos apresenta resultados bastante satisfatórios, conforme descrito nos trabalhos de Allis (1990), Irvine & Smith (1990), Moreira & Ilha (2011) e Moreira *et al.* (2012).

A relação entre valores de baixa resistividade e alta cargabilidade é uma assinatura marcante em depósitos de sulfetos maciços ou óxidos disseminados (Allis, 1990; Irving & Smith, 1990; Locke *et al.*, 1998; Yang *et al.*, 2008, Moreira *et al.*, 2012, 2013). Entretanto, são praticamente inexistentes artigos científicos de pesquisa de sulfetos em rochas básicas/ultrabásicas, por meio do uso de métodos elétricos, embora em Bleil (1953) haja um estudo de caso semelhante.

Litotipos como gabros ou peridotitos podem conter mineralizações primárias e secundárias, principalmente na forma de óxidos e sulfetos. Depósitos primários consistem de acumulações relacionadas a segregações ou diferenciação magmática e estão ligados ao processo de resfriamento magmático. Os depósitos secundários podem estar relacionados ao preenchimento de fraturas geradas após a cristalização do magma, proveniente da migração de fluidos residuais ao processo, ou originados de metamorfismo de rochas adjacentes ou intrusões magmáticas adjacentes (Moon

et al., 2006).

O presente trabalho apresenta e discute dados de aplicação dos métodos da eletrorresistividade e polarização induzida em pesquisa desenvolvida para avaliação do potencial de mineralização aurífera do gabro Santa Catarina, localizado no município de São Sepé (RS), a partir de indícios obtidos em prospecção geoquímica de sedimentos de corrente em drenagens, descritos em trabalhos de prospecção geoquímica regional desenvolvidos pela Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (Porcher, 1995).

2 Área de estudo, materiais e métodos

A área de estudo é representada pelo gabro Santa Catarina, localizado no município de São Sepé (RS), distante cerca de 270 km de Porto Alegre (Fig. 1). A área pode ser acessada a partir da capital através da BR 290 até o cruzamento com a BR 392. A partir deste trevo o acesso é feito pela BR 290 até a localidade denominada Vila Cerrito do Ouro, zona rural do município de São Sepé. A área de estudo está localizada a aproximadamente 6 km a norte da vila, por estrada não pavimentada.

No âmbito da região onde foi realizado este estudo, foram detalhados diversos jazimentos auríferos, alguns já lavrados, como as minas da Bossoroca, Cerrito do Ouro e Juliana, atualmente desativadas, contidas em litotipos pertencentes ao complexo metamórfico Vacacaí (Porcher, 2000).

Mineralizações de ouro na região são caracterizadas por associações de filões de quartzo e pequenas proporções de óxidos de ferro, pirita e calcopirita. Os filões apresentam direções NE-SW e NW-SE, subconcordantes ou discordantes em relação à estruturação regional.

A área investigada está localizada no setor centro sul do estado do Rio Grande do Sul, no âmbito do Escudo Sul-rio-grandense, representado por rochas metamórficas, ígneas e sedimentares, de idade, origem e evolução diversas. É caracterizado por uma compartimentação em blocos, limitados por grandes falhamentos regionais de direção NE-SW (Paim *et al.*, 2000).

A área de estudo está contida do domínio geológico Corpos Básico-Ultrabásicos Estratiformes e compreende rochas como peridotitos, gabros e anortositos acamadados. O gabro Santa Catarina, descrito originalmente por Rodrigues *et al.* (1982), em trabalhos de graduação da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), está em contato com rochas do Complexo Metamórfico Vacacaí (Fig. 2).

Esta unidade é dividida em uma porção ultrabásica, constituída por rochas de composição dunítica, peridotítica, piroxenítica, gabróica até anortosítica, serpentinizadas em proporções variáveis; e outra porção básica que inclui gabros, leucogabros e anortositos, relacionados a eventos intrusivos e tectônicos datados do Proterozóico Inferior (Rêgo, 1981).

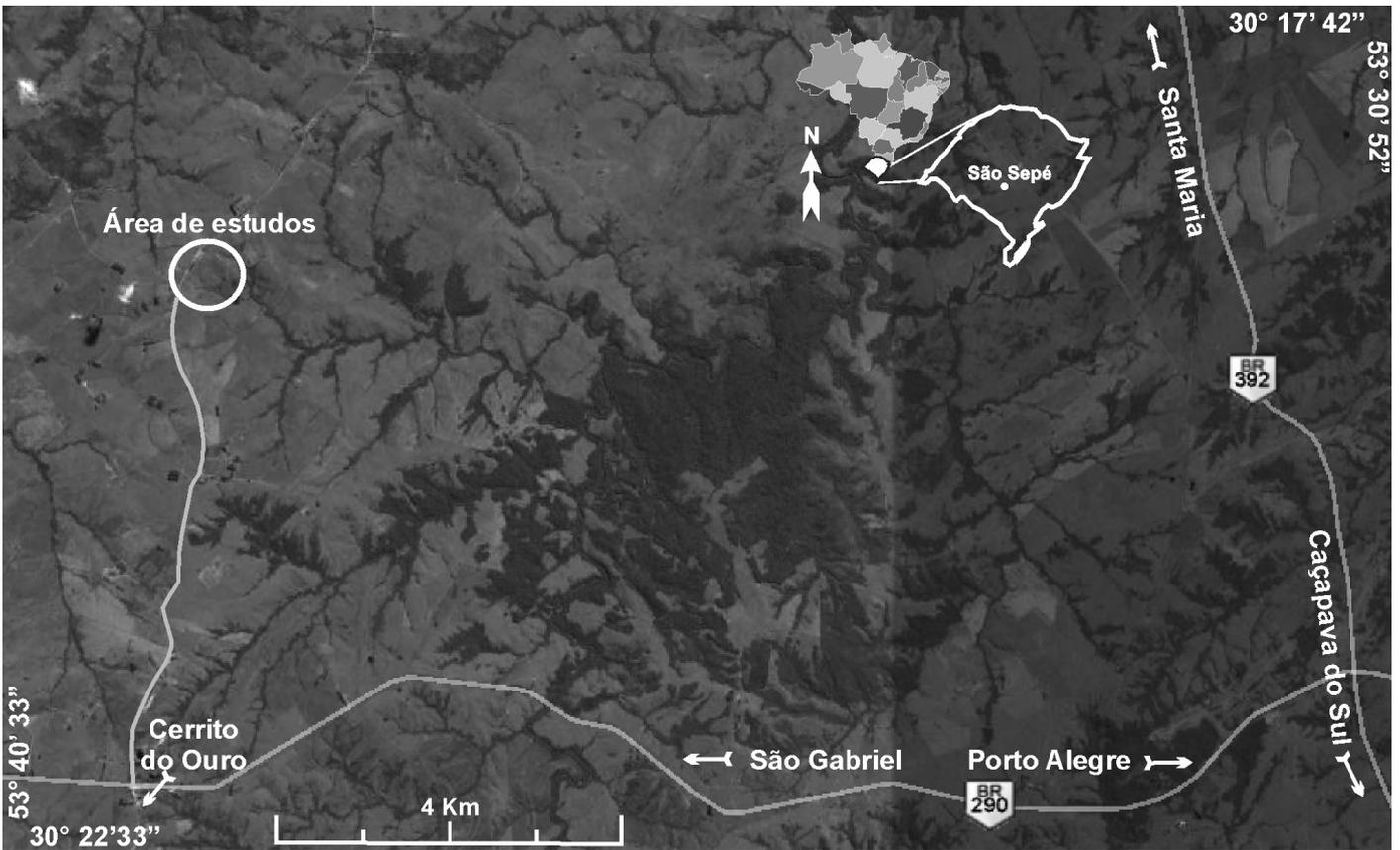


Figura 1. Localização da área de estudo.

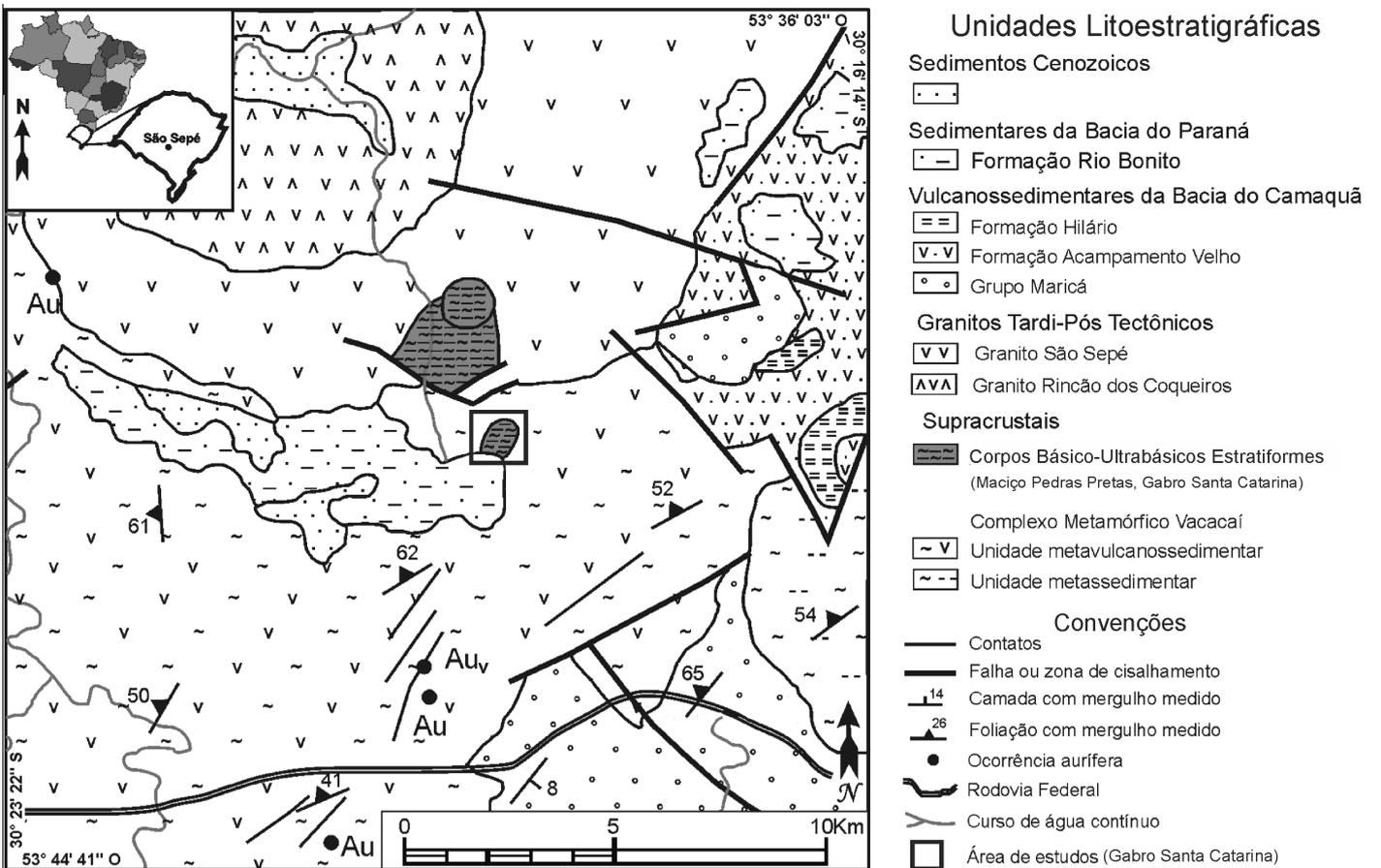


Figura 2. Geologia da área de estudo (adaptado de Porcher, 2000).

A mineralogia do gabro Santa Catarina é composta por plagioclásio (45 a 80%), piroxênio (5%), minerais opacos (5%), apatita (2%), quartzo (0 a 7%), além de traços de feldspato alcalino e zircão. A mineralogia secundária é representada por anfibólio (30 a 50%), epidoto (5%), clorita (10%), sericita, carbonato e minerais opacos. A rocha apresenta textura predominantemente cumulativa e equigranular (Porcher, 1995).

Transformações metamórficas em graus variáveis de piroxênios são intensas no gabro Santa Catarina, que indicam condições intermediárias de metamorfismo entre as fácies xisto verde e anfibolito. O gabro Santa Catarina é recoberto por solo argiloso com intervalo saprolítico basal, que representa o manto de intemperismo local, cuja superfície é caracterizada por diversas nascentes e áreas de alagamento, indicativo da pequena espessura da camada de solo e predomínio de substrato rochoso altamente impermeável.

As rochas do Complexo Metamórfico Vacacaí envolvem o gabro Santa Catarina, enquanto a Formação Rio Bonito estabelece relações de contato mais na porção sul (Fig. 2). Este complexo compreende uma associação de rochas vulcânicas, vulcanoclásticas e sedimentares metamorfizadas em fácies xisto verde, especificamente representados por associações de filitos, quartzitos, mármore, anfibólio xistos e clorita xistos, juntamente com sequências magnesianas (Göni *et al.*, 1962). É caracterizado por uma evolução tectônica com quatro fases de deformação, cujas três primeiras geraram dobras com tendência à coaxialidade NE/SW e estão relacionadas com esforços compressivos dirigidos para SE, enquanto uma quarta fase gerou dobras com orientação axial NW/SE, resultante de uma drástica reorientação no regime de tensão regional, atribuídas a eventos ocorridos no Proterozoico Superior (Porcher, 1995).

A Formação Rio Bonito, inserida na Bacia do Paraná, ocorre na porção sudoeste em contato com o gabro Santa Catarina, em exposições descontínuas. Sua área de ocorrência é parcialmente recoberta por depósitos eluviais arenosos resultantes de retrabalhamento de rochas da própria unidade. Esta unidade é representada por arenitos quartzosos, com esporádicas intercalações de siltitos, subjacentes ao pacote arenítico. É possível observar em raríssimas exposições em vales, siltitos argilosos e siltitos carbonosos com intercalações de camadas de carvão (Kirchner, 1982).

A partir de trabalhos de bateamento em sedimentos de corrente a aproximadamente 1 km à jusante do centro do gabro Santa Catarina, foram registradas 48 pintas de ouro, além de pirita e minerais pesados, em amostras coletadas numa drenagem que originado pela convergência de diversos cursos d'água provenientes do gabro (Fig. 3). Estudo geoquímico em concentrado de bateia apontou valores anômalos de arsênio e cobre para a região (Porcher, 1995).

Este trabalho utiliza os métodos geofísicos da eletroresistividade e da polarização induzida. Detalhes

quanto aos princípios teóricos dos métodos, propriedades físicas dos materiais geológicos, assim como os principais fenômenos físicos envolvidos são descritos em Telford *et al.* (1990), Kearey *et al.* (2002) e Milsom (2003).

Foi empregada a técnica de caminamento elétrico em arranjo Wenner-Schlumberger, com espaçamento entre os eletrodos de 40 m (AB = MN = 40 m), por meio da qual foram realizadas leituras de resistividade elétrica e cargabilidade em 10 níveis de profundidade. Foram realizadas 3 linhas de caminamento elétrico com 960 m de comprimento cada, num total de 2.880 m. As linhas foram dispostas em superfície de forma azimutal, com ponto de cruzamento coincidente com o centro do gabro, com espaçamento de 60° entre linhas (Fig. 3).

O equipamento utilizado na aquisição dos dados foi o resistivímetro Syscal Pro, fabricado pela Iris Instruments – França, que combina um transmissor, um receptor e uma unidade de comutação num único equipamento, com tensão máxima de 800 V, corrente máxima de 2,5 A, resolução de 1 μ V e dez canais de leitura.

O equipamento foi programado com as seguintes configurações: 800 V de tensão transmitida, tempo de leitura de 2000 ms em janela única com 160 ms de abertura. A intensidade de corrente transmitida durante a aquisição de dados variou entre 2,1 A e 2,3 A. Foi adotado como controle de qualidade durante a aquisição de dados, leituras de medidas com desvio padrão abaixo de 5%.

Foram utilizados eletrodos não polarizáveis preenchidos por solução de sulfato de cobre supersaturada (Cu-CuSO_4), caracterizados por uma haste de cobre em seu interior e base porosa, que permite o trânsito da solução e percolação no solo. Este procedimento reduz a resistência de contato e minimiza a geração de correntes parasitárias geradas pelo uso de eletrodos metálicos.

Os dados de caminamento elétrico foram tabelados num editor de tabelas e posteriormente processados no programa Res2dinv, versão 3.4, desenvolvido pela Geotomo Software - Malásia. O Res2dinv é um programa que determina automaticamente um modelo de profundidade bidimensional para a subsuperfície a partir de dados obtidos por meio de levantamentos elétricos de resistividade aparente e cargabilidade global aparente (Griffiths & Barker, 1993).

As medidas são transformadas por inversão em blocos de isovalores para cada nível de profundidade investigada, cujo contato entre camadas de blocos é relacionado aproximadamente à profundidade equivalente de investigação dos pontos dispostos ao longo de uma linha, com espaçamento constante entre eletrodos (Edwards, 1977). A subrotina de modelagem direta é usada para cálculo dos valores, além da técnica de otimização não linear de mínimos quadrados para a rotina de inversão (Degroot-Hedlin & Constable 1990; Loke & Barker, 1996).

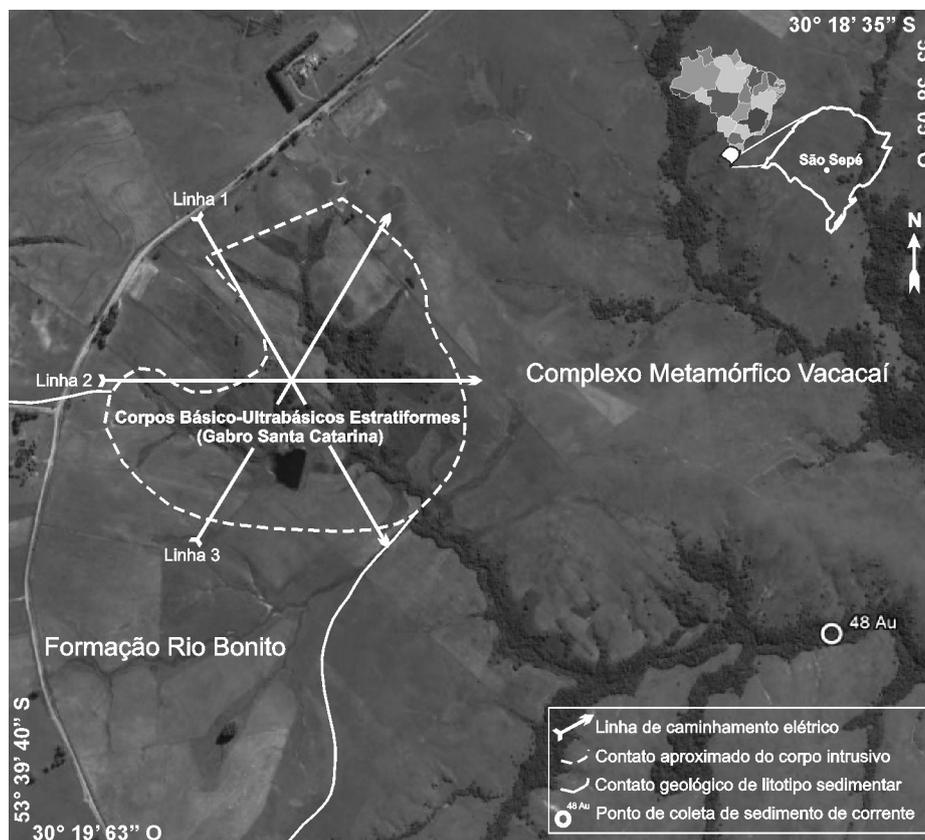


Figura 3. Linhas de caminamento elétrico e principais unidades geológicas descritas na área de estudos, com ponto de análise de sedimentos de corrente (baseado em Porcher, 1995).

3 Discussão dos resultados

Os dados de resistividade e cargabilidade processados são apresentados em termos de modelos de profundidade obtidos por inversão, com distância em superfície e profundidade em metros. As cores claras representam baixos valores, ao passo que cores escuras indicam altos valores (Fig. 4, 5 e 6).

A resistividade medida apresenta ampla variação, com tendência geral de aumento com a profundidade. Intervalos considerados de baixa resistividade variam de 1263 $\Omega.m$ até 466470 $\Omega.m$, enquanto valores elevados variam entre 114992 $\Omega.m$ e 698791 $\Omega.m$. Os valores de cargabilidade apresentam em contraste menor variação, entre 0,13 mV/V e 61,8 mV/V, com dados de baixa cargabilidade, entre 0,13 mV/V a 4,5 mV/V, às vezes correlacionáveis a valores de baixa resistividade.

Os valores de resistividade extremamente elevados são resultantes do processamento de dados, que utiliza o método de interpolação de inverso do quadrado da distância (*least-square inversion*) e extrapola dados brutos de entrada do programa, parcialmente condicionado à amplitude de variação entre valores máximos e mínimos.

Desta forma, os dados modelados de resistividade e cargabilidade obtidos para a área de estudos não permitem comparações com outros trabalhos que utilizam, por exemplo, métodos de inversão de suavização como vizinhança (*natural neighbour*) ou mínima curvatura (*minimum curvature*).

O parâmetro erro médio quadrático (RMS) é um indicador da grande variação dos extremos dos dados de entrada, potencializado após o processamento. Foram realizadas apenas 2 iterações para inversão dos dados brutos, pois embora sejam possíveis maiores iterações, este procedimento pode resultar em modelos distantes da realidade. Assim, o processamento dos dados priorizou modelos de inversão simplificados e consonantes ao contexto geológico da área estudada.

O modelo de inversão da resistividade gerado para a linha 1 evidencia três áreas de formato aproximadamente circular de baixa resistividade, com valores entre 1263 $\Omega.m$ e 7676 $\Omega.m$ (Fig. 4A).

A primeira área é limitada em superfície entre 190 e 300 m, com 90 m de profundidade máxima, enquanto a segunda está circunscrita entre 400 e 520 m, com profundidade máxima de 80 m. A terceira área ocorre entre 600 e 720 m, com 70 m de profundidade máxima, todas desconexas lateralmente e separadas por valores de resistividade em média de 46000 $\Omega.m$. O intervalo de profundidade entre 100 e 200 m apresenta valores crescentes, sentido a base da seção, entre 114000 e 698000 $\Omega.m$.

O modelo de inversão em termos de cargabilidade é caracterizado por três áreas expressivas, em correspondência ao modelo de inversão de resistividade. A primeira está posicionada entre 240 e 290 m e apresenta baixos valores, entre 0,13 e 0,77 mV/V, coincidente com a primeira área de baixa resistividade (Fig. 4B). Em contraste, a segunda e a terceira área apresentam

alta cargabilidade, acima de 25,7 mV/V, definidas em posições correlatas às de baixa resistividade (Fig. 4A).

O modelo de inversão em termos de resistividade da linha 2 exibe altos valores em praticamente toda a seção, a exceção de uma área de baixa resistividade entre 360 e 440 m (Fig. 5A).

O modelo de inversão em termos de cargabilidade

da linha 2 apresenta elevados valores (até 61,8 mV/V) entre 360 e 440 m. Portanto, há correspondência entre baixos valores de resistividade e elevados valores de cargabilidade na porção central dos modelos, com o predomínio de valores baixos a intermediários de cargabilidade para o restante da seção (Fig. 5B).

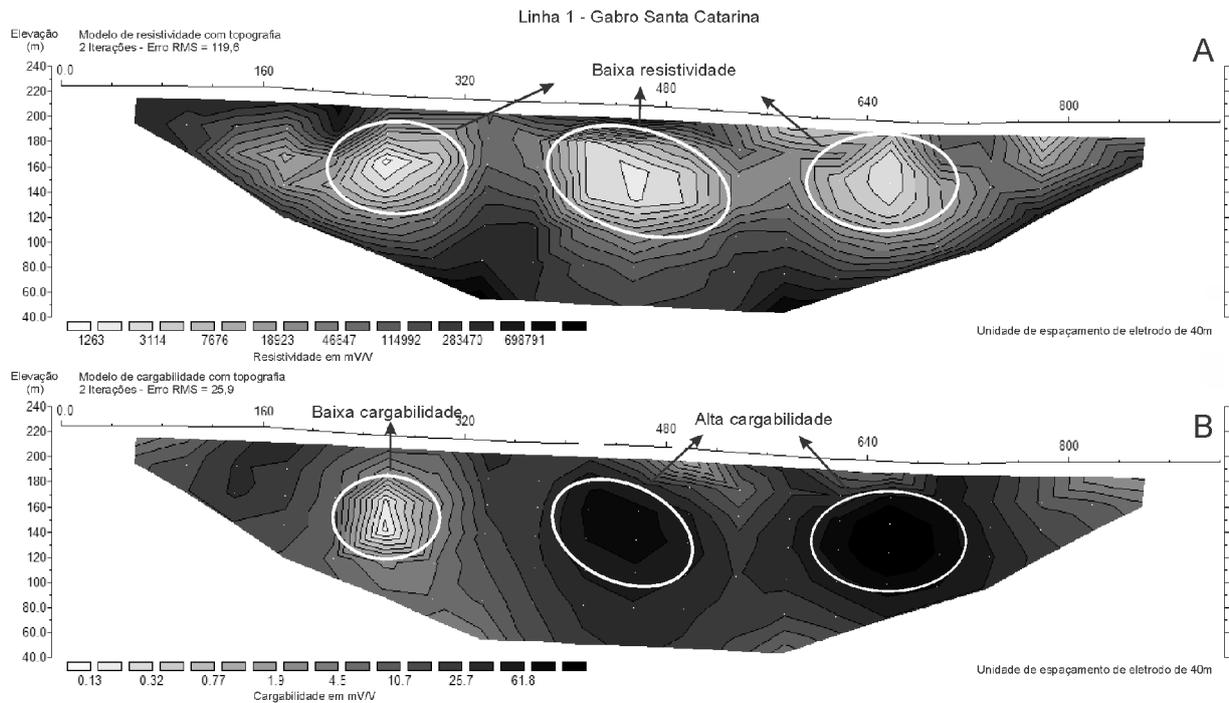


Figura 4. Modelo de inversão da linha 1 interpretado, com realce de áreas com contraste de parâmetros físicos. A) Seção de resistividade elétrica; B) Seção de cargabilidade.

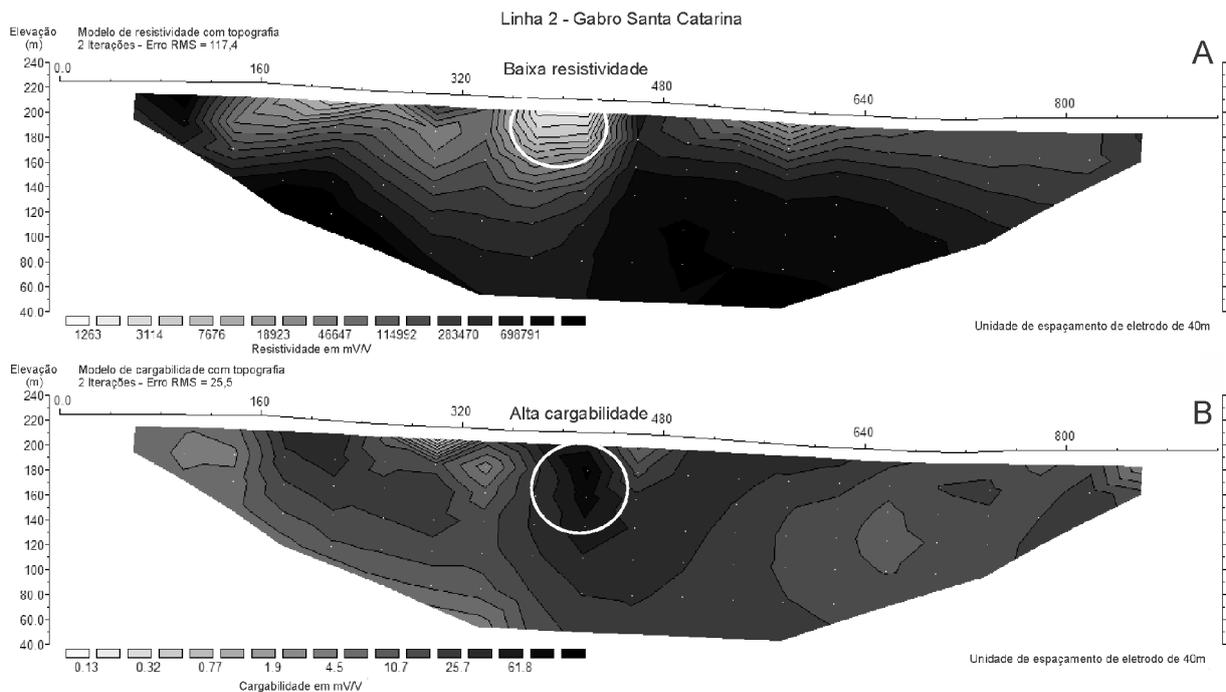


Figura 5. Modelo de inversão da linha 2 interpretado, com realce de áreas com contraste de parâmetros físicos. A) Seção de resistividade elétrica; B) Seção de cargabilidade.

O modelo de inversão, em termos de resistividade da linha 3 apresenta baixos valores desde o início da seção até 340 m, entre 1200 e 19000 $\Omega.m$, os quais aumentam para valores intermediários nas posições mais rasas do restante da seção. Os valores de resistividade são crescentes com o aumento de profundidade (Fig. 6A). O modelo de inversão gerado para a linha 3 apresenta elevados valores desde o início da seção até 200 m, próximos à superfície, entre 10,7 e 25,7 mV/V. Entre 200 e 320 m ocorrem valores intermediários, embora todo o conjunto seja correlato à área de baixa resistividade (Fig. 6B).

O aumento da resistividade pode ser atribuído à ocorrência de rochas com menor grau de alteração intempérica em profundidade, além de menor fraturamento e saturação em água. A constituição mineralógica de litotipos como o gabro resulta em mantos de alteração bastante desenvolvidos, além de proporcionar a geração de saprolitos e intervalos bastante fraturados logo abaixo deste manto. O grau de alteração e a quantidade de espaços passíveis para geração de aquíferos fraturados decrescem com o aumento da profundidade (Figs. 4, 5 e 6).

Entretanto, a polarizabilidade no ambiente geológico é controlada pelos fenômenos de polarização eletrônica e eletrolítica. No caso de um gabro fraturado e preenchido por água, é esperada a predominância do fenômeno de polarização eletrolítica.

O fenômeno de polarização eletrônica, por sua vez, está diretamente relacionado ao conteúdo de minerais metálicos, especialmente sulfetos e óxidos, que resulta num efeito de intensidade bastante superior quando comparado ao gerado por ação do fenômeno

de polarização eletrolítica. Desta forma, a primeira área contrastante definida para a linha 1, caracterizada por baixa resistividade e baixa cargabilidade, pode ser interpretada como reservatório aquífero contido em meio fraturado e ausente de mineralizações passíveis de polarização (Fig. 4).

A segunda e terceira áreas descritas na mesma seção são caracterizadas por baixa resistividade e alta cargabilidade. Em termos de resistividade há, em tese, semelhança com a primeira área, algo que poderia indicar a presença de um aquífero fraturado. Contudo, a coincidência de área de alta cargabilidade pode indicar a presença de minerais passíveis de polarização, preferencialmente sulfetos e óxidos, também caracterizados como ótimos condutores elétricos (Fig. 4).

Este padrão também é descrito para as seções 2 e 3, embora neste caso as linhas estejam posicionadas respectivamente a 60° e 120° da linha 1, sob rotação central em sentido anti-horário (Fig. 3).

A partir da análise de imagem de satélite em detalhe disponível para a área foi possível mapear diversas direções de fratura que, essencialmente, condicionam a rede de drenagem no domínio do gabro. A ausência de exposições de rocha em campo impediu a realização de medidas diretas de fratura por meio de bússola.

As principais famílias de fraturas exibem direções NE-SW, NW-SE, EW e NS. As fraturas de direção EW cruzam a seção 1 entre 600 m e 720 m e a seção 3 entre 240 m e 300 m, definidas pela relação entre baixa resistividade e alta cargabilidade. A região central do arranjo no cruzamento das linhas 1 e 2 é caracterizada por baixa resistividade e alta cargabilidade (Fig. 7).

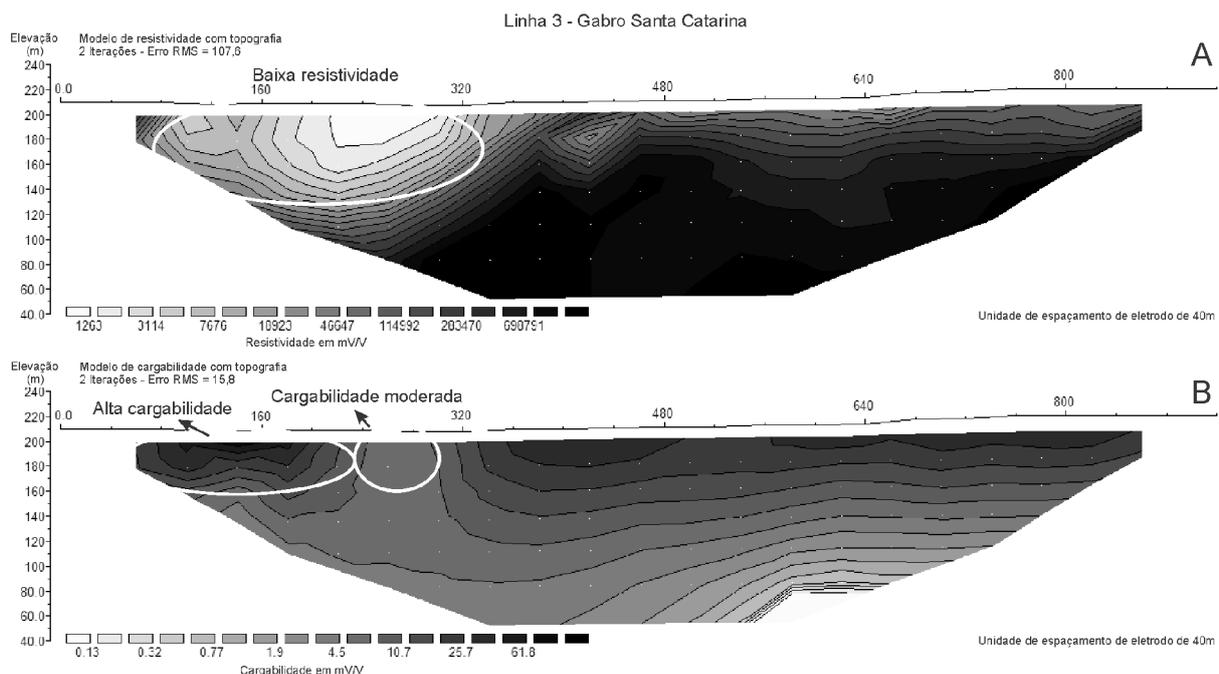


Figura 6. Modelo de inversão da linha 3 interpretado, com realce de áreas com contraste de parâmetros físicos. A) Seção de resistividade elétrica; B) Seção de cargabilidade.

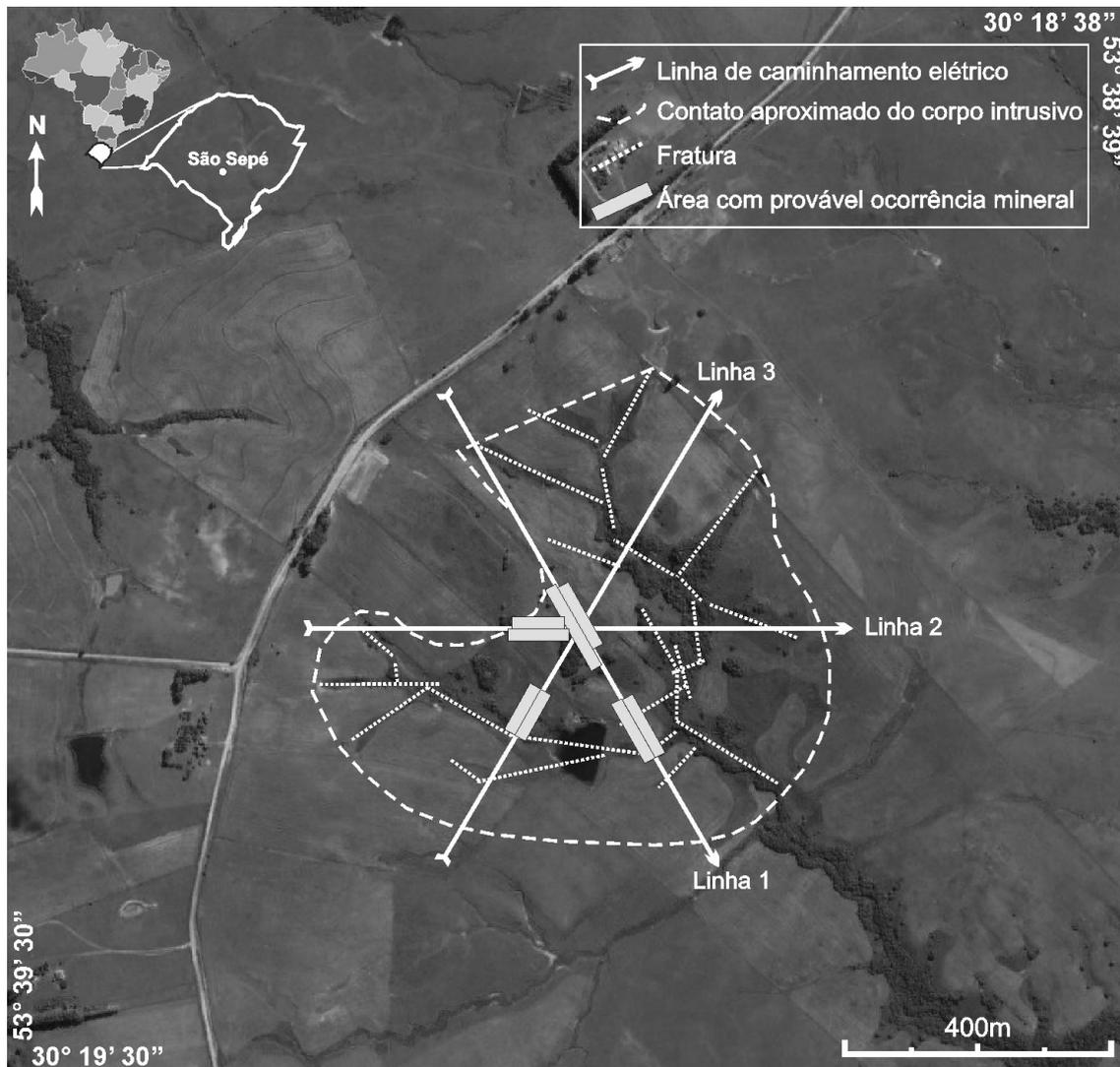


Figura 7. Limite aproximado do gabro, com planos de fraturas, linhas de caminamento elétrico e áreas interpretadas com potencial de mineralização.

4 Conclusões

A associação de baixa resistividade e baixa carga-bilidade permitiu a definição de um intervalo restrito em profundidade, interpretado como uma área de armazenamento de água subterrânea em sistema fraturado. Já as associações de baixa resistividade e alta carga-bilidade permitiram caracterizar áreas com provável concentração de sulfetos. Com base no arcabouço estrutural da área e no litotipo hospedeiro, as mineralizações devem estar contidas em veios ou filões em fraturas.

Por meio de imagens de satélite foi possível classificar famílias de fratura no domínio do gabro, segundo direções NE-SW, NW-SE, EW e NS, que condicionam fortemente a rede de drenagens na área de estudo. Esses caminhos preferenciais são constantemente lixiviados pelo fluxo de águas fluviais, que possibilita o intemperismo da rocha subjacente. Minérios metálicos eventualmente presentes nestas áreas podem ser liberados e carregados junto com os minerais intemperizados.

É provável que haja relação entre pintas de ouro encontradas em sedimentos de corrente, coletados em

drenagem nascente no domínio do gabro e áreas de baixa resistividade/alta carga-bilidade. A área definida na seção da linha 3 é particularmente importante neste contexto (Fig. 7), pois indica a presença de um corpo raso e passível de erosão e transporte fluvial de seus constituintes minerais. Contudo, também são descritas áreas mineralizadas em litotipos pertencentes ao Complexo Metamórfico Vacacaí, representado na região de estudos pela rocha encaixante do corpo básico intrusivo, também com drenagens que podem justificar a proveniência do ouro detectado em sedimentos de corrente.

Diante da possibilidade de proveniência de ouro, tanto do gabro Santa Catarina quanto do Complexo Metamórfico Vacacaí, é recomendado primeiramente estudo geoquímico em sedimentos de corrente em confluência de drenagens independentes, ou seja, provenientes somente do gabro e somente do Complexo Metamórfico Vacacaí. Posteriormente, são recomendados estudos geoquímicos e geofísicos de detalhe nas áreas promissoras.

Características geológicas locais, como a presença de manto de alteração argiloso e nível freático raso,

combinado de arranjo de campo caracterizado pela elevada razão sinal/ruído, além do uso de eletrodos não polarizáveis à base de solução, possibilitaram leituras de dados em campo com resistências de contato extremamente baixas. A conjunção destes fatores fundamentou a eficácia dos métodos aplicados e do equipamento utilizado, além de resultados em dados pós-processados coerentes com o contexto geológico e modelo metalogenético previsto para a possível mineralização.

Equipamentos elétricos tradicionalmente aplicados em pesquisa mineral costumam apresentar potência acima de 1000 W, pois em muitos casos, grande parte da energia transmitida é dissipada na forma de calor devido à elevada resistência de contato típica de condições geológicas normais. No caso específico da área estudada, a aquisição de dados por meio de equipamento com potência relativamente baixa foi eficaz diante dos fatores expostos, algo que seria inviável para solos quartzosos, litólicos ou com nível freático profundo.

Os resultados da aplicação dos métodos eletrorresistividade e polarização induzida demonstram eficácia na pesquisa mineral de sulfetos, com dados que corroboram indícios diretos comprovados em sedimentos de corrente. Neste sentido, resultados geofísicos obtidos neste trabalho são condizentes com os apresentados em Bleil (1953), Irvine & Smith (1990), Locke *et al.* (1998), Yang *et al.* (2008), Moreira & Ilha (2011) e Moreira *et al.* (2012), em estudos de caso semelhantes, ou seja, presença de sulfetos disseminados e maciços.

Agradecimentos - Os autores agradecem à Universidade Federal do Pampa, campus Caçapava do Sul, pelo acesso ao equipamento utilizado e aos proprietários da fazenda Santa Terezinha (São Sepé - RS), pela liberação do acesso à área de estudo.

Referências

- Allis, R.G. 1990. Geophysical anomalies over epithermal systems. *Journal of Geochemical Exploration*, 36(1): 339-374.
- Bleil, D.F. 1953. Induced Polarization: a Method of Geophysical Prospecting. *Geophysics*, 18: 636- 666.
- DeGroot-Hedlin, C. & Constable, S. 1990. Occam's inversion to generate smooth two-dimensional models from magnetotelluric data. *Geophysics*, 55: 1613- 1624.
- Edwards, L.S. 1977. A modified pseudosection for resistivity and induced-polarization. *Geophysics*, 42: 1020-1036.
- Göni, J.C., Goso, H. & Issler, R.S. 1962. Estratigrafia e geologia econômica do pré-cambriano e eopaleozóico uruguaio e sul-riograndense. Porto Alegre. *Avulso da Escola de Geologia*, (3): 1-105.
- Griffiths, D.H. & Barker, R. 1993. Two-dimensional resistivity imaging and modeling in areas of complex geology. *Journal of Applied Geophysics*, 29: 211-226.
- Irvine, R.J. & Smith, M.J. 1990. Geophysical exploration for Epitermal deposits. *Journal of Geochemical Exploration*, 36: 375 - 412.
- Kearey, P., Brooks, M. & Hill, L. 2002. *An Introduction to Geophysical Exploration*. Malden, Blackwell, (3): 262p.
- Kirchner, C.A. 1982. Projeto Carvão Energético na área de São Sepé, In: *Programa Carvão Energético no Estado do Rio Grande do Sul*. Porto Alegre: DNPM/CPRM, (1): 22-136.
- Locke, C.A., Johnson, S.A., Cassidy, J. & Mauk, J.L. 1998. Geophysical exploration of the Puhupuhi epithermal area, Northland, New Zealand. *Journal of Geochemical Exploration*, 65: 91-109.
- Loke, M.H. & Barker, R. 1996. Rapid least-squares inversion of apparent resistivity pseudosections by a quasi-Newton method. *Geophysical Prospecting*, 44: 131-152.
- Maranhão, R.J.L. 1985. *Introdução à Pesquisa Mineral*. Fortaleza, Banco do Nordeste do Brasil (2): 796p.
- Milsom, J. 2003. *Field Geophysics*. Chichester, John Wiley & Sons, 249p.
- Moon, C.J.; Whateley, M.E.G. & Evans, A.M. 2006. *Introduction to Mineral Exploration*. Blackwell, Malden, USA, 499p.
- Moreira, C.A. & Ilha, L.M. 2011. Prospecção Geofísica em ocorrência de cobre localizada na bacia sedimentar do Camaquã (RS). *Revista da Escola de Minas*, 64(3): 309-315.
- Moreira, C.A., Lopes, S.M., Schweig, C. & Seixas, A.R. 2012. Geoelectrical Prospection of disseminated Sulfide Mineral occurrences in Camaquã Sedimentary Basin, Rio Grande do Sul State, Brazil. *Revista da Sociedade Brasileira de Geofísica*, 30(2):169-179.
- Moreira, C.A., Borges, M.R., Vieira, G.M.L., Malagutti Filho, W. & Montanheiro, M.A.F. 2013. Geological and Geophysical data integration for delimitation of mineralized áreas in a supergene manganese deposits. *Geofísica Internacional*, 53(2): 154-163.
- Paim, P., Chemale Jr, F. & Lopes, R.C. 2000. A Bacia do Camaquã. In: Holz, M. & De Ros, L.F. (Eds.) *Geologia do Rio Grande do Sul*. Porto Alegre, UFRGS, p. 231-274.
- Peters, O.A.B. 1978. *Exploration and Mining Geology*. New York, John Wiley & Sons, 372 p.
- Porcher C.A. (Coord.) 1995. Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil. Folha Passo do Salsinho SH.22-Y-A-1-4. Estado do Rio Grande do Sul. Escala 1:250.000. Brasília, CPRM, 352p.
- Porcher, C.A. (Coord.) 2000. Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil, Folha Cachoeira SH.22-Y-A. Estado do Rio Grande do Sul. Escala 1:250.000. Brasília, CPRM, 131p.
- Rêgo, I.T.S.F. 1981. Aspectos petrológicos e geoquímicos do Complexo Básico-Ultrabásico de Pedras Pretas, Rio Grande do Sul. *Acta Geologica Leopoldensia*, 10: 197-278.
- Rodrigues, C.R.O., Bennedetti, O.J. & Strohschoen, J.R.O. 1982. *Geologia da Faixa II da Folha Passo do Salsinho, RS*. Porto Alegre. UFRGS, 370p.
- Telford, W.M., Geldart, L.P. & Sheriff, R.E. 1990. *Applied Geophysics*. Cambridge University Press. New York, 774p.
- Yang, J., Liu, Z. & Wang, L. 2008. Effectiveness of Natural Field Induced Polarization for Detecting Polymetallic Deposits. *Earth Science Frontiers*, 15: 217-221.

