

Dados aerogeofísicos aplicados ao mapeamento geológico e à prospecção mineral na região de Serra Leste, Serra dos Carajás, Pará.

Alfredo Rossetto Nunes, CVRD, Adalene Moreira Silva, UNICAMP, Carlos Roberto de Souza Filho, UNICAMP

Copyright 2003, SBGf - Sociedade Brasileira de Geofísica

This paper was prepared for presentation at the 8th International Congress of The Brazilian Geophysical Society held in Rio de Janeiro, Brazil, 14-18 September 2003.

Contents of this paper was reviewed by The Technical Committee of The 8th International Congress of The Brazilian Geophysical Society and does not necessarily represents 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

The Serra Leste region, located in the northeast portion of Carajás Mineral Province (PA), hosts several mineral deposits and mineralisations related to different geological settings.

We present a regional prospective model for PGE mineralisations based on airborne geophysics (magnetometry, gamma-ray and time domain electromagnetics) and geological data. Geological and geophysics data analysis indicate good correspondence between the areas with mafic-ultramafic rocks and low values in gama spectrometry, mainly for thorium channel. The ultramafic units of the complexes, the main host rock of the mineralisation are well mapped by analytic signal from the residual magnetic field and by the apparent conductance anomalies, from GEOTEM system. The combination of the derivative products with updated geological data of the Serra Leste region and Luanga deposit supported the construction of a regional prospective model for PGE and allowed the selection of new targets within the studied area.

Introdução

Serra Leste é uma das áreas ímpares em Carajás devido a sua diversidade e a ocorrência de mineralizações importantes como os garimpos de ouro (Au) e elementos do Grupo da Platina (EGP) de Serra Pelada, EGP associados às intrusões do complexo máfico ultramáfico Luanga, a jazida de ferro de Serra Leste, as jazidas de manganês do Sereno e uma série de ocorrências de cobre e ouro de menor expressão como Serra Verde. A escassez de afloramentos torna a aerogeofísica uma ferramenta fundamental para o mapeamento geológico e a exploração mineral na região (Figura 1).

Este trabalho objetiva a interpretação integrada de dados geológicos e geofísicos de alta resolução, visando a elaboração de um modelo prospectivo para mineralizações EPG e ouro, definidas como do tipo Au – EPG aplicável para a região de Serra Leste. Foram utilizados dados magnetométrico, gamaespectrométrico e eletromagnético (GEOTEM), bem como mapas geológicos, topográficos, ocorrências e depósitos minerais. Estes últimos serão utilizados na composição e validação dos modelos prospectivos.

A área estudada perfaz um segmento da denominada Serra Leste, e localiza-se na porção leste da Província Mineral de Carajás, entre os paralelos 634.000 E e 666.000E e os meridianos 9.325.000 N e 9.347.400 N (zona 22S) (Figura 1).

Contexto Regional

A Serra dos Carajás (SC), na qual se inscreve a Província Mineral de Carajás, é a principal expressão geomorfológica do Sul do Estado do Pará. A SC compreende um segmento crustal constituído por uma porção de um núcleo granito-greenstone (terreno granito-greenstone de Rio Maria), representado a Norte por extensas faixas de rochas supracrustais do Cinturão de Cisalhamento Itacaiúnas (Docegeo 1988), que repousam sobre um embasamento denominado Complexo Xingu, limitado a Leste pela faixa Araguaia e a Sul pelo Cinturão Alto Tapajós (Figura 2).

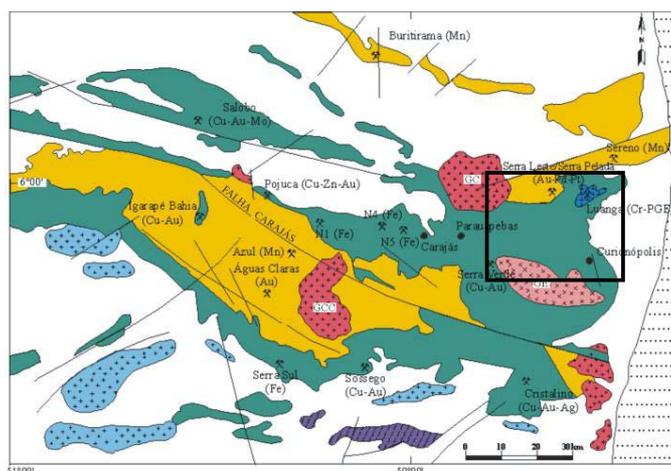


Figura 1 – Mapa Geológico da Província Mineral de Carajás destacando a área de Serra Leste.

O arcabouço geológico da área de Serra Leste (Figura 2) é composto: a) pelo Complexo Xingu (2.872 +/- 10 Ma), que representa o embasamento regional e ocorre na parte sul e sudeste da área; b) pelo Grupo Rio Novo (2.757 Ga +/- 2 Ma), que compreende um conjunto de rochas vulcano-sedimentares e ocorre na porção central da área, em contato brusco ou interdigitado com as rochas do embasamento; c) pelo Domínio Sedimentar (Docegeo 1995), correlacionável ao Grupo Rio Fresco (2.580 a 2.500 Ma), que inclui uma faixa alongada de rochas sedimentares, de direção NE, em contato com as rochas do Grupo Rio Novo. Ocorrem ainda corpos intrusivos de idades e naturezas diversas, variando de rochas ultramáficas, gabros até granitos.

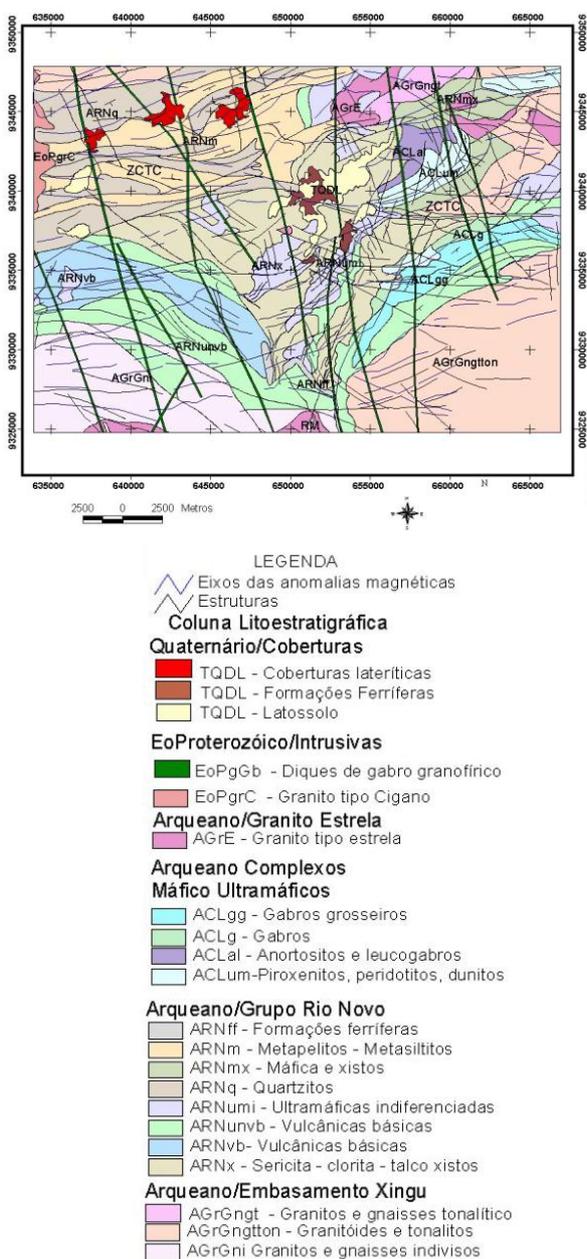


Figura 2 – Mapa geológico da área de Serra Leste, modificado de Veneziani e Okida (2001).

Dados

Os dados utilizados para este trabalho foram adquiridos em dois levantamentos distintos, contratados pela Companhia Vale do Rio Doce (CVRD).

Os dados de magnetometria e eletromagnetometria foram adquiridos pela Geoterrex-Dighem em março de 1999, com plataforma portada por um avião CASA C-212.

As linhas de vôo estão espaçadas de 250 m e as de controle, de 5000 m. A direção das linhas de vôo é perpendicular à orientação geral do Grupo Rio Novo, de direção E-W, ou seja, NS, enquanto as linhas de controle

são EW. A altura de vôo foi fixada em 120 metros sobre o terreno, e monitorada pelo radar altímetro Terra, modelo TRA. A altura do eletromagnetômetro foi monitorada por uma plataforma laser PS100E, enquanto a altitude do vôo era controlada por um barômetro Rosemount 1241M3B1, com precisão da ordem de 10 pés. (Geomag 1993).

Os dados gamaespectrométricos foram adquiridos pela GEOMAG em junho de 1993, utilizando um helicóptero biturbinado Bell, modelo 212. O sistema gamaespectrométrico (Exploranium, modelo GR-820) mediu o espectro de radiações gama natural discriminando-o em 256 canais espectrais com sistema detector constituído por quatro cristais de 4"x 4" x 16" com volume total de 1024 polegadas cúbicas (NaI ativado por tálio), altura de 60 metros, taxa de amostragem de 05 leituras por segundo, a cada 06 metros (Geomag 1993).

Os dois aerolevantamentos apresentam, portanto, um intervalo de seis anos e plataformas diferenciadas. Os dados brutos gerados foram pré-processados pelas executoras dos aerolevantamentos.

Métodos

O processamento destes dados envolveu a edição e a extração de dados espúrios das bases citadas. Após esta etapa, os dados foram interpolados e micronivelados utilizando-se a metodologia proposta por Minty (1991) e a rotina elaborada por Blum (1999) no *software* Oásis Montaj 5.1.

Foram considerados definitivos todos os procedimentos de redução de dados realizados pelas empresas que efetuaram a aquisição, baseando-se todo o processamento nas informações geofísicas finais.

Magnetometria

Na observação do campo magnético anômalo, sem o auxílio das transformações lineares, é possível caracterizar algumas feições geológicas importantes, destacando as principais unidades magnéticas e feições estruturais relacionadas ao arcabouço estrutural da área. Entretanto, a utilização dos filtros lineares contribuiu para o realce de feições discretas.

Na imagem da amplitude do sinal analítico do campo magnético anômalo (Figura 3), observa-se uma forte correlação dos valores altos com as unidades litológicas que compreendem as rochas ultramáficas dos complexos máficos-ultramáficos e de zonas de cisalhamento com magnetita, que compõem o *Splay* divergente de Serra Pelada (SDSP) de Pinheiro & Holdsworth (1997).

Na imagem da fase do sinal analítico, os eixos das anomalias aparecem como feições anastomosadas, a exemplo de zonas de cisalhamento dúctil. Essas zonas de cisalhamento têm sido mapeadas nos complexos máfico-ultramáficos e nas demais unidades litoestratigráficas que compõem o SDSP (Pinheiro & Holdsworth 1997).

Na imagem do sinal analítico (Figura 3), a região central da área mostra-se bastante perturbada magneticamente, com um relevo magnético variável, indicando corpos

magnéticos com alta frequência e alta amplitude do sinal analítico. A análise da imagem da amplitude do sinal analítico permitiu a discriminação de várias unidades magnéticas.

No complexo de Luanga ocorrem “*splays*” da ZCTC, posicionados subparalelos às camadas do complexo, muitas vezes enriquecidos em magnetita. Essa concentração de magnetita nos “*splays*” pode ser responsável por pelo menos parte das anomalias magnéticas que, na imagem do gradiente horizontal aparecem orientadas segundo a direção NE, posicionadas sobre os complexos. Entretanto, é necessário cuidado na interpretação das anomalias do gradiente horizontal do campo anômalo sem redução ao pólo, visto que estas não estão posicionadas sobre suas respectivas fontes causadoras. As feições discretas orientadas segundo a direção N-S são correlacionadas aos diques gabríticos neoproterozóicos.

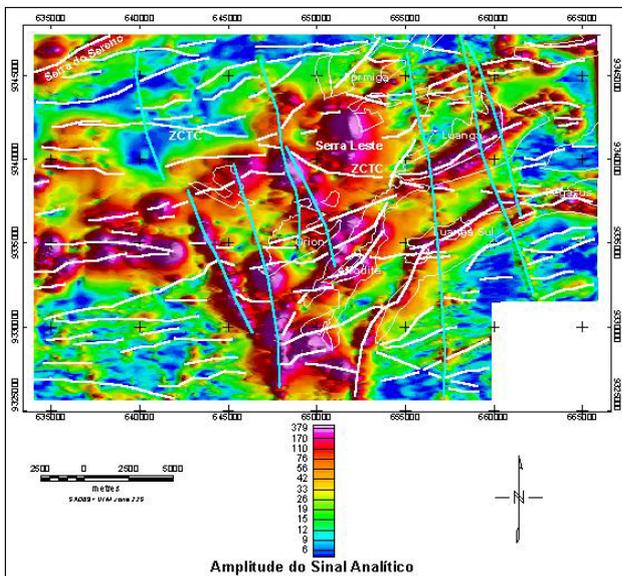


Figura 3- Imagem em falsa cor da amplitude do sinal analítico do campo magnético anômalo.

Nas áreas de afloramento dos complexos máfico ultramáficos, as altas amplitudes do sinal analítico estão relacionadas às rochas ultramáficas ricas em magnetita (dunitos, peridotitos, serpentinitos e talco-xistos) e a zonas de cisalhamento que truncaram esses complexos e remobilizaram magnetita das unidades ultramáficas. As anomalias positivas do sinal analítico na porção centro-norte da área ocorrem sobre as formações ferríferas dos depósitos de ferro Serra Leste. As discontinuidades nos padrões de anomalia, com feições de direção geral N-S ou NNW, com altos discretos da amplitude do sinal analítico, representam os diques de gabro Neoproterozóicos, com magnetita, que truncam o Cinturão de Cisalhamento Itacaiúnas. Uma anomalia localizada na porção extrema NW da área, com alta amplitude do sinal analítico, compreende a resposta dos metassedimentos da Serra do Sereno, hospedeiros de mineralizações de manganês (Figura 3). O lineamento da zona de cisalhamento transcorrente do cinzento (ZCTC) e algumas das zonas de cisalhamento que compõem o

“*splay*” divergente de Serra Pelada (Pinheiro e Holdsworth 1997), podem ser observadas nesta imagem. O arrasto dúctil destal, com reativação sinistral, ao longo da ZCTC, indicado pela geometria e pelo posicionamento dos complexos máfico ultramáficos Luanga e Luanga Sul, também pode ser observado nesta imagem.

A fase do sinal analítico ressalta eixos de lineamentos que não são tão destacados na amplitude do sinal analítico, principalmente aqueles associados às estruturas de segunda ordem da ZCTC, conforme descrito por Siqueira (1996) e Pinheiro & Holdsworth (1997). Enquanto a amplitude do sinal analítico ressalta os diques gabríticos de direção predominante N-S (Figura 3), a fase do sinal realça as estruturas predominantemente E-W, relacionadas com as zonas de cisalhamento transcorrente que compreendem o “*splay*” Divergente de Serra Pelada (Figura 4).

Nos complexos máfico-ultramáficos, os eixos das anomalias da fase do sinal analítico representam o acamamento ígneo das unidades ultramáficas, ricas em magnetita (dunitos, peridotitos, serpentinitos e talco xistos) e/ou zonas de cisalhamento com magnetita remobilizada das rochas ultramáficas durante a deformação (como ocorre no complexo Luanga).

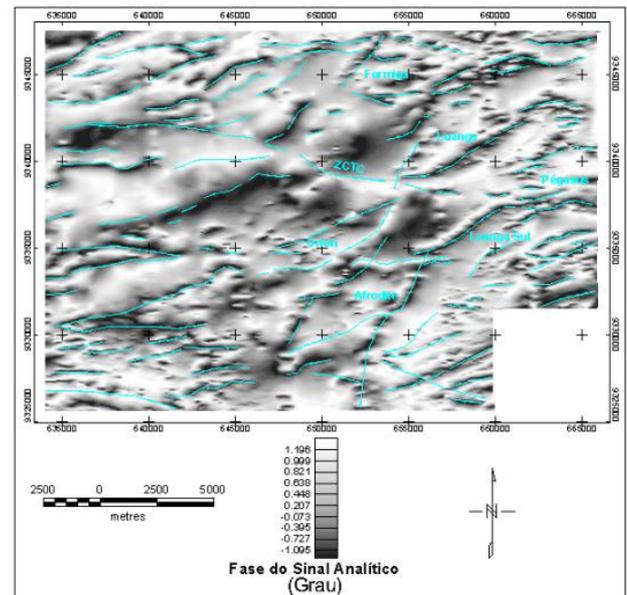


Figura 4- Imagem em tons de cinza da fase do sinal analítico do campo magnético anômalo.

O mapa de soluções de Euler com índice estrutural ‘zero’, mostra conjuntos de soluções alinhadas com direção E-NE, de caráter sigmoidal, com profundidades de 0 a 300 metros, podendo chegar até 400 metros em porções mais restritas das soluções. Essas representam o padrão geral do mapa e estão relacionadas à orientação geral dos complexos máfico-ultramáficos. Na área do depósito de ferro de Serra Leste ocorre uma anomalia de soluções de Euler com formato circular e profundidades de até 600 metros. A zona de cisalhamento do Cinzento (ZCTC) é delineada por um conjunto discreto de soluções de Euler,

com profundidades de até 400 metros, orientadas na direção NW, na porção central da área.

Nos mapa de soluções de Euler, com índices 2 e 3, que modelam fontes com formatos cilíndricos e esféricos, respectivamente, observa-se concentrações de anomalias profundas entre 600 e 900 metros. Os resultados sugerem geometrias e profundidades semelhantes as das fontes magnéticas localizadas no depósito de ferro Serra Leste, a sul do complexo máfico-ultramáfico Formiga, onde ocorrem formações ferríferas ricas em magnetita.

Gamaespectrometria

A imagem da contagem total da radiação gama (Figura 5) mostra uma correspondência dos valores baixos da radiação gama com a área de afloramento dos complexos máficos-ultramáficos mapeados. As áreas com valores altos estão relacionadas à resposta das rochas granitóides arqueanas da Suíte Estrela (AgrE), do Complexo Xingu (AgrGni e AgrGntton) e dos granitos Eoproterozóicos do tipo Cigano (EoPgrC). A unidade localizada na porção central da área, caracterizada como sericita-quartzitos e sericita-xistos do Grupo Rio Novo (ARNq), apresenta valores intermediários a altos da radiação gama. A ZCTC é representada pelo arrasto sinistral das unidades geológicas e gamaespectrométricas ocorrido na terceira fase de deformação regional.

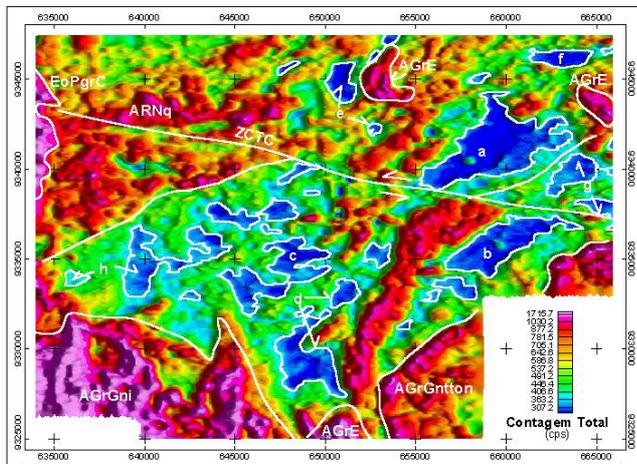


Figura 5- Imagem da contagem total da radiação gama (cps).

A imagem colorida do canal do tório (Figura 6) apresenta uma excelente correlação entre os valores baixos, representados pela cor azul, e as áreas de ocorrência das rochas máficas e ultramáficas. Os valores altos compreendem a resposta das rochas arqueanas de natureza granítica do Complexo Xingu (AgrGni e AgrGntton), da suíte Estrela e o do granito Cigano, dos metassedimentos do Grupo Rio Novo (ARNq e ARNm) e das coberturas lateríticas (TQDL). O arrasto sinistral ao longo da ZCTC é indicado pelo posicionamento dos complexos máfico-ultramáficos Luanga e Luanga Sul, destacados nesta imagem do canal do tório.

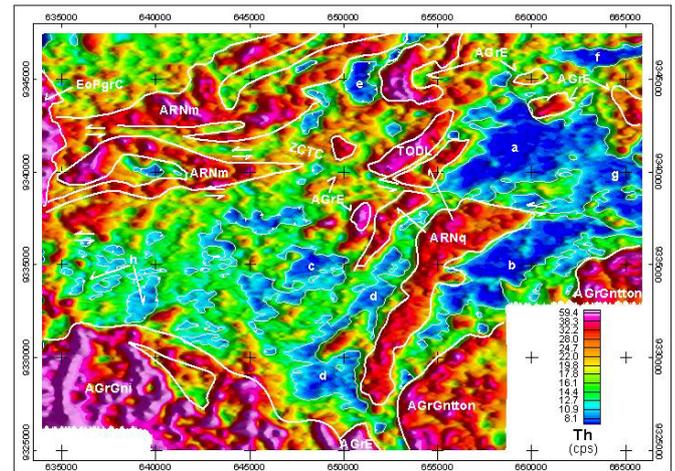


Figura 6- Imagem do canal do Tório da gamaespectrometria (cps).

A composição ternária dos canais K, U e Th, pelo sistema de cores RGB (Figura 7), permitiu a identificação de feições não perceptíveis a partir da observação de cada canal separadamente. Esta imagem confirma a correlação dos domínios de baixo tório com as áreas de valores baixos da radiação gama - representadas nesta imagem por cores escuras - relacionadas à resposta dos complexos máfico-ultramáficos (Figura 2). A imagem possibilita ainda a discriminação de áreas com potássio predominante, representadas em tonalidades avermelhadas, indicando enriquecimento relativo nesse elemento.

No complexo Luanga, as áreas representadas pelas tonalidades avermelhadas estão relacionadas às áreas de afloramento dos granitos da suíte Estrela (AgrE) e de alterações hidrotermais associadas à intrusão desses granitos. Os granitos desta suíte, que ocorrem na área do garimpo da Formiga, estão representados por cores claras, tendendo para o amarelo e o azul. Da mesma forma, o granito Cigano (EoPgrC) aparece em tons claros, tendendo para o branco e o azul claro, o que indica um predomínio relativo do urânio, porém, com valores altos para os três canais.

As carapaças lateríticas e coberturas quaternárias (TQDL), enriquecidas em Th, são representadas em tonalidades esverdeadas na imagem ternária da gamaespectrometria (Figura 7). Na área do depósito de ferro Serra Leste, além das áreas em verde, que representam as carapaças lateríticas, ocorrem áreas representadas pela cor azul, exatamente onde a ZCTC trunca o platô onde afloram as formações ferríferas. Esse comportamento indica um predomínio do urânio sobre os demais elementos na área da ZCTC. Essa concentração de urânio nas imediações da ZCTC pode indicar que uma mudança das condições químicas proporcionou o enriquecimento deste rádioelemento, também observado por Dickson & Scott (1997) no sudeste australiano. O enriquecimento neste rádioelemento pode ser interpretado como uma evidência de atividade hidrotermal.

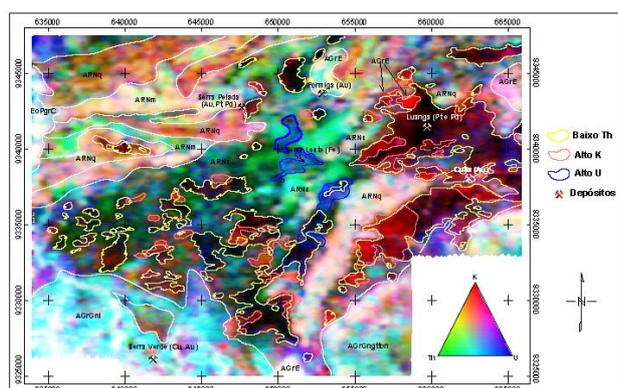


Figura 7- Imagem ternária da gamaespectrometria (K – U e Th), pelo sistema de cores RGB.

Em geral as imagens gamaespectrométricas indicam que os grandes domínios litológicos apresentam contatos bruscos que representam discontinuidades marcantes na resposta gamaespectrométrica, indicando uma compartimentação tectônica em blocos, condicionada por falhas e zonas de cisalhamento ao longo dos contatos.

TDEM

As principais zonas condutivas destacadas na imagem da condutância aparente (Figura 8) ocorrem: (a) na porção NW da área e representam as camadas de pelitos carbonosos e manganíferos do Grupo Rio Novo, que formam cristas alinhadas segundo a direção NE (parte da Serra do Sereno); (b) nas proximidades do garimpo do Formiga, onde ocorre uma zona condutiva importante, cuja fonte pode ser atribuída a um conjunto de fatores, incluindo o manto de intemperismo espesso, a presença das rochas ultramáficas do complexo Formiga, além da presença de formações ferríferas bandadas ricas em magnetita; (c) no complexo máfico ultramáfico Luanga, representado por uma unidade ultramáfica composta por rochas ricas em magnetita (dunitos, peridotitos e serpentinitos), com cristais conectados por venulações e bandas de cisalhamento; (d) na área do garimpo de Serra Pelada, atribuída a presença de siltitos carbonosos do Grupo Rio Novo e ao espesso manto de intemperismo, gerado pela dissolução do carbonato dos arenitos carbonáticos do Grupo Rio Novo e o preenchimento dos interstícios por água.

Interpretação integrada dos dados aerogeofísicos e sua relação com as assinaturas dos depósitos de EGP e Cu-Au

Os resultados obtidos neste trabalho, aliados a verificações de campo, permitiram aprimorar o mapa geológico elaborado por Veneziani e Okida (2001), onde, além do adensamento da informação estrutural, foram acrescentadas: (i) as áreas de afloramentos das formações ferríferas, na porção centro-norte da área (depósito de ferro Serra Leste); (ii) as áreas de carapaças lateríticas, entre os sedimentos detríticos terciário-quadernários, nas porções norte e noroeste da área, que recobrem formações ferríferas pertencentes ao Grupo

Rio Novo; (iii) os diques de gabro granofírico Neoproterozóicos, encaixados em um sistema de fraturas NNW, que truncam todas as unidades litoestratigráficas que compõem o Cinturão de Cisalhamento Itacaiunas (Figura 2).

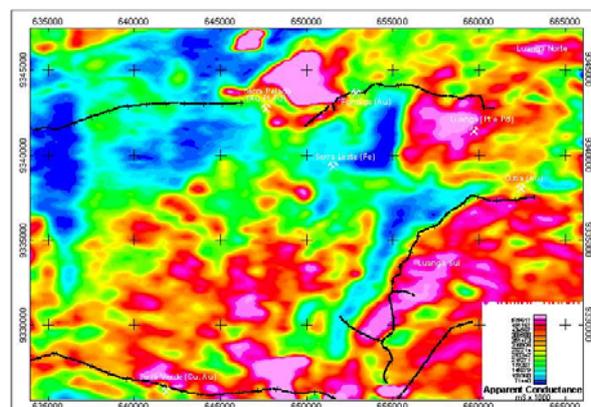


Figura 8- Imagem em falsa cor da Condutância Aparente (mSX1000).

As rochas ultramáficas são representadas por altos valores na amplitude do sinal analítico, que caracterizam a soma das respostas magnéticas dos dunitos, metaperidotitos, serpentinitos, das zonas sulfetadas com pirrotita e das zonas de cisalhamento com magnetita. Nos metaperidotitos, a magnetita se forma junto com talco e serpentina, como produto da alteração das olivinas. Algumas porções dessa rocha contêm mais de 50% de magnetita. Os serpentinitos são formados em zonas de cisalhamento que truncam os metaperidotitos, cujo produto de alteração é composto de serpentina e magnetita. Na imagem da fase do sinal analítico, os eixos das anomalias aparecem como feições anastomosadas, a exemplo de zonas de cisalhamento dúctil. Essas zonas de cisalhamento têm sido mapeadas nos complexos máfico-ultramáficos e nas demais unidades litoestratigráficas que compõem o SDSP (Pinheiro & Holdsworth 1997).

No complexo máfico ultramáfico acamadado Luanga, a mineralização de elementos do grupo da platina (EGP) está associada a um pacote de metapiroxenitos com textura cumulática, que contém pirrotita intercúmulos. A mineralização ocorre associada aos sulfetos (pirrotita e pentlandita), entre níveis de metaperidotitos e serpentinitos. Os níveis mineralizados ocorrem sempre próximos ao contato entre os metapiroxenitos e os peridotitos/serpentinitos. Desta forma, os limites das anomalias destacadas na imagem da amplitude do sinal analítico são sítios potencialmente correlacionáveis à ocorrência de mineralizações de EGP.

Em geral, os depósitos da classe Cu-Au-U-ETR-Fe têm a magnetita como uma importante fase mineral dentro da paragênese hidrotermal. São relacionados a intrusões graníticas, o que torna todas as áreas circulares/elipsoidais, onde existam anomalias da amplitude do sinal analítico, potenciais hospedeiras deste tipo de mineralização. Nesta classe de depósito, as

rochas encaixantes são bastante variáveis; entretanto, a relação com intrusões graníticas é um indicador importante. Em muitos casos, as intrusões relacionadas ao processo hidrotermal, responsável pela mineralização, não são aflorantes. Os efeitos de enriquecimento das encaixantes em potássio e urânio podem ser indicadores de atividade hidrotermal relacionada a granitogênese. O depósito de Serra Verde, localizado na porção sudoeste da área, não apresenta magnetita associada a paragênese da mineralização (calcopirita, pirita, pirrotita, pentlandita, cobaltita, apatita, quartzo e clorita). A ocorrência de pirrotita em pequenas quantidades (<1%) é responsável por uma discreta anomalia da amplitude do sinal analítico (Figura 3).

Os complexos máfico-ultramáficos mostram baixos radiométricos nas imagens processadas (Figuras 5 e 6). Aparecem destacados sob cores escuras na composição ternária (Figura 7).

É interessante observar que ao lado do garimpo de Serra Pelada existe uma pequena área representada por cores escuras, com valores baixos do canal do tório, compatível com a assinatura gamaespectrométrica das áreas de afloramento das rochas máficas e ultramáficas. Essa mesma área apresenta alta amplitude do sinal analítico e alta condutância aparente, também compatível com a assinatura desses litotipos. Nessas áreas, observam-se também porções com tonalidades avermelhadas que indicam um enriquecimento relativo em potássio. Essa resposta é associada à atividade hidrotermal relacionada à gênese da mineralização. A presença de rochas máficas e ultramáficas, próximo desta mineralização pode ser considerada evidência da fonte de Pt e Pd associados à mineralização de Au, Pt e Pd no garimpo de Serra Pelada.

Na imagem ternária do K, U e Th (RGB) (Figura 7), os polígonos em vermelho indicam áreas com enriquecimento em potássio. Essas áreas possivelmente são relacionadas a intrusões graníticas. Nessa mesma figura, setores destacados com contornos azuis, correspondem a áreas onde houve o enriquecimento relativo em urânio - um indicativo da presença de rochas alteradas hidrotermalmente. Estas evidências sugerem um excelente potencial para ocorrência de mineralizações do tipo Cu-Au-U-ETR-Fe neste setor.

Os poucos dados eletromagnéticos utilizados mostram uma boa correlação com os complexos máficos ultramáficos acamadados. Estes podem ser caracterizados como domínios condutivos, representados por valores altos de condutividade aparente e valores intermediários de CTP. A boa resposta obtida com esses dados permite a delimitação de domínios condutivos relacionados à ocorrência de rochas máficas e ultramáficas, bem como a delimitação de áreas favoráveis para EGP. O depósito Serra Verde, situado em uma zona condutiva, com soluções de CTP variando entre 11 e 30 miliSiemens, é associado a veios de sulfetos (calcopirita>>pirita>>pirrotita>pentlandita e cobaltita), quartzo e clorita, que ocorrem encaixados em rochas vulcânicas ácidas, com albita e biotita.

As assinaturas geofísicas descritas acima para os metalotectos relacionados aos depósitos e

mineralizações de EGP e Cu-Au-U-ETR-Fe, conhecidos na área de Serra Leste, são fornecidas na Tabela abaixo:

DEPÓSITO	ASSINATURA		
	ASA	GAMMA	TDEM
Luanga/Central/Fênix (EGP)	altos	Baixo CT e Th	Altos
Serra Verde (Cu-Au)	FRACA	Altos K e U	Anomalia condutiva discreta

Referências Bibliográficas

- Blum, M.L.B. – 1999 – Processamento e interpretação de dados de geofísica aérea no Brasil Central e sua aplicação à geologia regional e à prospecção mineral. Instituto de Geociências, Universidade de Brasília, Tese de Doutorado, 113p.
- Docegeo - 1988 – Revisão Litoestratigráfica da Província Mineral de Carajás. In:SBG, Congresso Brasileiro de Geologia, 35, Belém, Anais/Anexo: 11-56.
- Docegeo – 1995 – Alvo Serra Leste – Relatório de Etapa -Departamento de Pesquisa – Distrito Amazônia – Relatório Interno (Inédito): 150p.
- Geomag – 1993 – Levantamento aéreo magnetométrico, gamaespectrométrico e eletromagnetométrico nas Áreas Serra Pelada/Rio Novo e Almas (TO), Relatório final de aquisição, processamento e interpretação de dados, v1 Texto Técnico,71p.
- Minty, B.R.S. – 1991 – Simple micro-levelling form aeromagntic data. Exploration Geophysics, 22.: 591-592.
- Pinheiro, R.V.L. & Holdsworth, R.E. – 1997 – Reactivation of archaean strike slip fault systems, Amazon region, Brazil. Journal of the Geological Society, 154: 99-103.
- Veneziani, P. & Okida, R. – 2001- Mapeamento geológico - estrutural da região do Projeto Platina (Serra Pelada) baseado em dados integrados RADARSAT-TM – Aerogeofísica. Relatório Técnico (Inédito): 52p.