



Imagens SAR-R-99B da Missão Terra do Meio Oeste, aerogamaespectrométricas e geoquímicas em aplicações geológicas no cráton Amazônico

Thais Andressa Carrino (LGA-UnB), Adalene Moreira Silva (LGA-UnB), Nilson Francisquini Botelho (IG-UnB), Alexandre Augusto Cardoso da Silva (PETROBRAS)

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

The synthetic aperture radar (SAR) on board from R-99B aircraft characterizes for the capacity of geologic applications to the reconnaissance of Amazon archeon and proterozoic terrains. This paper shows examples about the application of the R99B-SAR images in portions of Tapajós Mineral Province (Amazon craton – Brazil) and integration with multifont data, such as geochemistry and geophysical images. For this, five areas were selected as case studies of data integration: Espírito Santo-Maués, Creporizão and Creporizinho-Patrocínio, Ouro Roxo-Cantagalo, Chico Torres regions characterized by gold occurrences; the other area selected consists in the eastern portion of Amazon state, marked by advanced weathering process (laterites and bauxites in investigation). All the processing and data integration were done in Applied Geophysical Laboratory of University of Brasília (UnB) and, among the main conclusions, it was observed the high quality of the sensor SAR-R-99B data to improve the geologic mapping and the selection of exploratory potential targets in the Amazon craton, an area characterized by current low reconnaissance geologic.

Introdução

O baixo conhecimento geológico atual na vasta região do cráton Amazônico contrapõe-se com o alto potencial mineral existente e associado a diferentes contextos tectônicos e estilos mineralizantes. Exceções consistem em áreas restritas deste cráton, caracterizados por estágios de reconhecimento geológico mais avançados, caso de Carajás (Pará) e outros poucos 'núcleos' assumidos como importantes fronteiras exploratórias geradoras de divisas.

A Província Mineral do Tapajós (PMT), localizada nos estados do Amazonas e Pará, é caracterizada como um (ou mais) arco proterozóico acrescido ao protocraton archeon e pertencente à Província Tapajós-Ventuari (Tassinari 1996) ou Tapajós-Parima (Santos et al. 2006). A economia regional da PMT baseia-se, principalmente, na exploração de ouro que nos últimos 50 anos foi explorado intensamente de aluviões, elúvios e colúvios predominantemente por meios rudimentares em garimpos (Peregovich et al. 2008). Nos anos mais

recentes, ocorrências primárias próximas às secundárias passaram a ser constatadas. A mineralização do tipo primária, em função da atual exaustão do tipo secundário, vem tornando-se a principal fonte de recursos da região. Desde 1958, estima-se uma produção total de 500 toneladas deste metal (Rodrigues et al., 2008). As mineralizações auríferas estão associadas, principalmente, a zonas de cisalhamento, a intrusões graníticas, havendo associações frequentes com diques máficos e andesitos, além de depósitos do tipo epitermal e supergênicos (Peregovich et al. 2008). Cerca de 40.000 garimpeiros exercem função atualmente (Rodrigues et al. 2008), além de aproximadamente 12 companhias minerais (Peregovich et al. 2008).

Este artigo apresenta uma síntese dos principais resultados obtidos com imagens do sensor SAR-R-99B do Sistema de Proteção da Amazônia integrado com dados geofísicos aéreos e geoquímicos em estudos desenvolvidos no Laboratório de Geofísica Aplicada do Instituto de Geociências da Universidade de Brasília (UnB). A partir dos dados disponíveis, objetiva-se contribuir para o avanço do conhecimento geológico no cráton Amazônico, com ênfase na PMT. Também é o foco deste artigo demonstrar o potencial uso de imagens do sensor SAR-R-99B, visto que trabalhos científicos integrando tais imagens com informações geofísicas em particular, ainda são escassos. Para estes objetivos, cinco áreas foram selecionadas, conforme indicadas na Figura 1.

Áreas investigadas

As principais unidades litoestratigráficas da PMT e presentes nas áreas de estudo deste artigo, compreendem (Klein et al. 2001): Grupo Jacareacanga (rochas metassedimentares como muscovita-quartzito xisto, quartzito etc; ~2,1 Ga); Complexo Cuiú-Cuiú (rochas gnáissicas ortoderivadas e granitos pouco deformados; ~2,0 Ga); Suíte Intrusiva Creporizão (granitos sin a tardi-orogênicos cálcio-alcalinos de médio a alto K; ~1,97 Ga); Suíte Intrusiva Parauari (granitos, granodioritos; ~1,95 Ga); Formação Bom Jardim (andesitos, latitos etc; ~1,88 Ga); Grupo Iriri (rochas vulcanoclásticas e rochas vulcânicas ácidas como riolitos e dacitos; ~1,88 Ga); Suíte Intrusiva Maloquinha (granitos anorogênicos com formas batolíticas; ~1,88 Ga); Formação Buiuçu (rochas sedimentares paleoproterozóicas); da sedimentação fanerozóica, destaca-se a Formação Alter do Chão (quartzito arenitos avermelhados, silicificados e ferruginizados dispostos preferencialmente na direção N-S); coberturas detrito-lateríticas (condicionado por platôs, crostas lateríticas), depósitos aluvionares. Diques do diabásio Periquito representa o evento de magmatismo máfico de ~514 Ma.

As mineralizações auríferas estão hospedadas em rochas de fácies anfibolito do Complexo Cuiú-Cuiú, em rochas supracrustais de fácies xisto-verde (Grupo Jacareacanga), granitóides das suítes Creporizão, Parauari e Maloquinha, e rochas vulcânicas do Grupo Iriri (Santos et al. 2001).

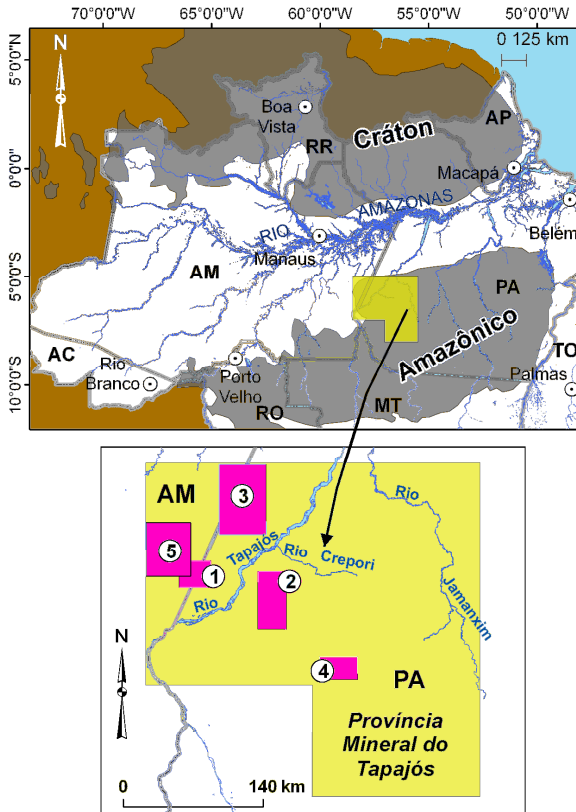


Figura 1. Localização da Província Mineral do Tapajós no cráton Amazônico e das áreas investigadas: 1- Espírito Santo-Maués; 2- Ouro Roxo-Cantagalo; 3- Seta de Ouro-Chico Torres; 4- Creporizão-Creporizinho; 5- área oeste.

Os principais eventos tectônicos consistem no período de 2,15-2,00 Ga, marcado por estruturação NE-SW a NNE-SSW e representada por xistosidade e foliação penetrativa em rochas do Complexo Cuiú-Cuiú e supracrustais do Grupo Jacareacanga. Esta estruturação está relacionada a um possível arco magmático, cuja existência é registrada por rochas cálcio-alcálicas de médio a baixo K (Complexo Cuiú-Cuiú) e bacias adjacentes (Grupo Jacareacanga). Na fase de 1,99-1,96 Ga, a deformação progressiva alterou a direção do transporte tectônico para NW-SE, formando o sistema de megafalhas transcorrentes do Tapajós. A fase de 1,90-1,60 Ga caracteriza-se por uma tectônica extensional (colocação de granitos pós-orogênicos Parauari e de rochas máficas). Vulcanismo ácido (Iriri) e intrusões graníticas pós-orogênicas a anorogênicas, alinhados na direção NW-SE, também estão relacionados a esta fase. Na fase final, jovens e antigas estruturas foram reativadas, fato que afetou rochas paleozóicas, com eixo de sedimentação ENE-WSW, e terciárias e cenozóicas, com eixo de sedimentação N-S. A reativação favoreceu a intrusão de diques máficos mesozóicos.

A área 1 de estudo é marcada, segundo Santos et al. (2001), pelos garimpos de ouro orogênico Espírito Santo e Maués hospedados em metaturbiditos do Grupo Jacareacanga. Estes depósitos consistem em veios de quartzo e pirita associados com sericita e clorita hidrotermal em zonas de cisalhamento dúctil (NNW-SSE e NW-SE), e formados em níveis crustais mais profundos do que qualquer outro depósito do Tapajós (Santos et al. 2001). No garimpo Maués foi verificada uma pureza do ouro de até 94% (Klein et al., 2001). A área 2 compreende a zona de cisalhamento Ouro Roxo-Catagalo (ou Centrinho-Cantagalo ou São José), caracterizada, segundo Santos et al. (2001), como portadora de ouro orogênico hospedado em arco magmático. O ouro ocorre disseminado e em veios de carbonato-quartzo-pirita em rochas do Complexo Cuiú-Cuiú ou da Suíte Intrusiva Tropas, esta última atribuída por Santos et al. (2001) como um outro arco magmático na região. Mineralizações ocorrem em zonas de cisalhamento secundárias e conectadas aos sistemas regionais N10°-20°E. Veloso et al. (2008) estudou o depósito Ouro Roxo, concluindo um caráter epigenético da mineralização com relação ao cisalhamento e atribuindo um depósito do tipo *lode*. A área 3 equivale a da zona de falha Seta de Ouro, cujas mineralizações relacionam-se com *stockworks* e rochas vulcânicas (Grupo Iriri/Formação Bom Jardim) e da zona de cisalhamento Chico Torres. Nesta última, as mineralizações ocorrem em rochas do Complexo Cuiú-Cuiú e granitos Parauari, principalmente na forma de veios de quartzo simples, além de regiões hidrotermalizadas serem verificadas ao longo da zona de cisalhamento (silicificação, sulfetação, cloritização, sericitização e epidotização) (Klein et al. 2001). Na região da zona de falha Seta de Ouro, as mineralizações relacionam-se ao tipo epitermal do sistema adularia-sericita segundo Klein et al. (2001). No geral, o ouro ocorre relacionado a intenso hidrotermalismo, com quartzo e sulfetos preenchendo estruturas *stockwork* e estruturas NNE-SSW, NW-SE e E-W, com mergulhos verticais e subverticais (Klein et al. 2001). A área 4 consiste na região das zonas de cisalhamento Creporizão e Creporizinho-Patrocínio. Esta área é caracterizada por falhas subverticais NNW-SSE e NNE-SSW que foram geradas em sistema transcorrente paleoproterozóico, e atuaram como condutos de fluidos hidrotermais e na disposição espacial de corpos intrusivos. Subordinadamente há estruturas E-W (fraturas e falhas extensionais) relacionadas ao sistema transcorrente (Klein et al., 2001). As ocorrências de ouro estão associadas a sulfetos em veios de quartzo simples e conjugados e halos hidrotermais métricos. As rochas hospedeiras e encaixantes compreendem a Suíte Intrusiva Creporizão, granitos da Suíte Intrusiva Parauari, monzogabros, além de sistemas mineralizados associados a diques de andesitos ou máficos. A área 5 consiste na porção extremo oeste da província marcada por platôs caracterizados por processos lateríticos e, mais recentemente, investigados para averiguação de possível potencial para ocorrência de bauxitas por empresa privada. A área é caracterizada por granitos Parauari e a Formação Alter do Chão.

Materiais

Os dados de radar de abertura sintética adquiridas pelo sensor SAR-R-99B compreendem segmentos imageados em banda L (Lhh, Lhv, Lvh, Lvv) e X (Xhh), com resolução espacial de 18 x 18 m e tamanho de pixel de 15 m, provenientes da missão Terra do Meio Oeste, que recobriu parte dos estados do Amazonas e Pará. A altura de aquisição equivaleu a 35.000 pés e foram empregados 8 looks e ângulo de incidência (*near ao far range*) variando de 45° a 81,10° (com visada para oeste).

Os dados aerogamaespectrométricos foram obtidos no levantamento Província Aurífera do Tapajós - Bloco 1, realizado pela empresa Lasa Engenharia e Prospecção S.A., contratante da CPRM, entre os meses de Junho e Novembro de 1997. Consistem em dados com espaçamento das linhas de voo (N-S) e de controle (E-W) de 1 e 13 km, respectivamente, coletados em altura de voo de 100 metros. Foi empregado o sistema Picodas, modelo PGAM, de 256 canais espectrais, com volume total de cristais de iodeto de sódio ativado a tálio empregado consistiu em 2048 polegadas cúbicas para dois conjuntos de cristais voltados para baixo e 512 polegadas cúbicas para dois conjuntos de cristais voltados para cima (Lasa Engenharia e Prospecções S.A., 1998).

Dados geoquímicos de ouro em solo para a área 4 (Creporzão e Creporzinho-Patrocínio) foram obtidos de Araújo (2000). Compreendem 501 amostragens dispostas em uma malha sistemática de 1000 m x 250 m.

Dados altimétricos do *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM) foram selecionados. Estes são caracterizados por resolução espacial aproximada de 90 m.

Processamentos e análise dos dados multifonte

Dados SAR-R-99B

Um radar de abertura sintética (SAR) é definido como um radar de antena artificial que possibilita a obtenção de maior resolução espacial. O sensor emite pulsos espaçados uniformemente ao longo de uma trajetória e uma série de processamentos do eco registrado é realizada (Werle 1988). Este tipo de radar possui uma geometria de visada lateral, sendo um plano bidimensional gerado pelos movimentos da plataforma sensora (azimute) e de pulsos transmitidos da plataforma (alcance).

O radar é um sensor independente da iluminação solar que opera na faixa das microondas do espectro eletromagnético ($\lambda = 1 \text{ mm a } 1 \text{ m}$ ou $\nu = 300 \text{ GHz a } 3 \text{ GHz}$). Este comprimento de onda usado é um fator importante no espalhamento das ondas eletromagnéticas na superfície de um terreno, sendo a quantidade de energia espalhada controlada pelos parâmetros do sensor (polarização, geometria de imageamento, comprimento de onda ou frequência) e dos alvos (umidade ou constante dielétrica, rugosidade e coeficiente de retroespalhamento) (Werle 1988, Paradella 1996, Henderson & Lewis 1998). Dentre as vantagens do emprego de imagens SAR para áreas com vegetação densa estão as seguintes (Werle 1988, Paradella 1996):

(a) a emissão de pulsos de energia microondas permite, na maioria das vezes, a aquisição de imagens em condições atmosféricas adversas, como nuvens e brumas; (b) possibilidade de distinção mais apurada da morfologia dos terrenos imageados; (c) comprimentos de onda mais longos favorecem maior penetração na cobertura vegetal. As limitações compreendem a umidade e o espalhamento proporcionado pela densidade da vegetação em dependência do comprimento de onda e geometria de visada selecionados.

Análise visual das imagens SAR

As imagens em bandas L e X da Missão Terra do Meio Oeste apresentaram perda de resolução em pequenas porções, o que dificultou a identificação de feições como drenagens e estruturas. Este problema está associado possivelmente a efeitos de movimento da plataforma, sendo mais comum em dados aerotransportados que orbitais. No caso das imagens em banda X, nuvens também foram observadas, pois tal comprimento de onda empregado é mais susceptível ao bloqueio por meio de condições atmosféricas adversas; por esta razão, esta imagem foi descartada na integração de dados multifonte.

A radiometria das imagens apresentou problemas em função da maior potência da energia microondas ser transmitida no centro das imagens que nas bordas, ocasionando diferenças dos níveis de cinza. Visando a homogeneização dos DN's, a correção do padrão de antena foi realizada, empregando-se, em todos os casos, uma função de ordem 5. As imagens também foram retificadas com base no uso de informações de cartas topográficas em escala 1:250.000. Para cada área, os RMS foram inferiores à resolução espacial.

O ruído inerente às imagens SAR (*speckle*) não foi observado nas imagens SAR-R-99B devido à aquisição das mesmas em formato *multilook*, dispensando-se o uso de filtros adaptativos.

Após as correções mencionadas acima, os segmentos imageados foram analisados com base na extração de drenagens, feições lineares e alinhamentos de drenagem a fim de identificar os principais condicionamentos estruturais e sua possível relação tectônica-evolutiva e/ou metalogenética.

Dados gamaespectrométricos

As imagens gamaespectrométricas são referentes àquelas processadas por Silva (2003) que realizou o micronivelamento baseado na metodologia de Minty (1991) utilizando-se o algoritmo desenvolvido por Blum (1999). A interpolação dos dados dos canais radiométricos foi realizada com o método da curvatura mínima, empregando-se um tamanho de célula de 250 m.

Para os propósitos deste estudo, foram gerados diversos processamentos, como a produção da razão K/eTh e da normalização dos canais de K , eTh e eU (Kn , $eThn$, eUn), na tentativa de realce de áreas com enriquecimento hidrotermal em potássio. No caso das imagens de Kn ,

eThn e eUn (geradas pela divisão de cada radioelemento pela somatória de K, eTh e eU), estas foram combinadas no espaço de cores RGB.

A razão eTh/K foi produzida para o realce de regiões enriquecidas em eTh que, juntamente com dados altimétricos, possibilita a determinação de alvos supergênicos comuns e potencialmente favoráveis à exploração de metais nas condições amazônicas. Esta razão foi utilizada, em particular, no estudo do extremo oeste do Tapajós (área 5).

Dados geoquímicos

Os dados geoquímicos de ouro em solo (unidade em ppb) foram processados por meio da krigagem ordinária, a fim de resultar em uma imagem da distribuição deste elemento na região das zonas de cisalhamento Creporizão e Creporizinho-Patrocínio (área 4). Para tal, foram determinadas células de 150m x 150m.

Integração de dados via IHS

A integração dos dados multifonte foi realizada por meio da técnica IHS, sendo que para a componente I (*Intensity*) foi atribuída a imagem SAR-R-99B (Lhh), à componente H (*Hue*) foram designadas as imagens geofísicas ou geoquímicas, enquanto a componente S (*Saturation*) foi controlada a cada caso. Adicionalmente, as interpretações dos dados de radar, preferencialmente, os alinhamentos de drenagem principais, foram incluídos nos produtos integrados que compreendem (Figura 2):

- área 1 (Espírito Santo-Maués): integração IHS da imagem SAR-R-99B (Lhh) com imagem da razão K/eTh.
- áreas 2 (Ouro Roxo-Cantagalo) e 3 (Seta de Ouro-Chico Torres): integração IHS da imagem SAR-R-99B (Lhh) com imagem ternária RGB de Kn, eThn e eUn.
- área 4 (Creporizão e Creporizinho-Patrocínio): integração IHS da imagem SAR-R-99B (Lhh) com imagem de geoquímica de ouro em solo.
- área 5 (extremo oeste da PMT): modelagem 3D da integração IHS da imagem SAR-R-99B (Lhh) com imagem da razão eTh/K.

Resultados e recomendações

As principais observações referentes aos produtos integrados da Figura 2 compreendem:

- área 1: verificação de megalignamentos NNW-SSE como registro da tectônica proterozóica (fase 1,99 a 1,6 Ga), e que variam de N20°W a N70°W. Estas estruturas controlam veios de quartzo paralelos à foliação (por vezes verticais a subverticais) das rochas metassedimentares do Grupo Jacareacanga, sendo muitos destes veios portadores de mineralizações de ouro. Os altos valores de K/eTh caracterizam os metassedimentos paleoproterozóicos.
- área 2: a zona de cisalhamento Ouro Roxo-Cantagalo de direção N-S e outra zona de cisalhamento NW-SE em

(~N40°W) identificadas por meio de imagem SAR, revelam o basculamento de unidade granítica caracterizada por alto Kn. Esta unidade assemelha-se à descrição da Suíte Intrusiva Tropas (Santos et al. 2001); porém Coutinho et al (2008), revisando a geologia da PMT, não incluíram esta unidade, havendo ainda controvérsias a respeito da mesma e de uma origem como arco magmático distinto do arco Cuiú-Cuiú. O contato tectônico no extremo nordeste separa a unidade de alto Kn que hospeda as principais mineralizações mapeadas pela CPRM de unidades graníticas atribuídas às suítes intrusivas Parauari e Maloquinha. Nas rochas do embasamento (Cuiú-Cuiú) e granitos posteriores estão impressões extensos alinhamentos de direção NE-SW e NW-SE proterozóicos reativados.

- área 3: a influência da zona de cisalhamento Chico Torres foi verificada por meio dos alinhamentos fortemente estruturados na direção NW-SE, condicionando as mineralizações de ouro neste mesmo *trend*. Também nesta região mineralizada, observa-se assinatura geofísica de alto Kn estruturada a NW-SE (N35°W), refletindo o hidrotermalismo bem desenvolvido desta porção da PMT conforme registrado por Klein et al. (2001). Esta assinatura geofísica de alto Kn não associa-se a uma litologia em específico, o que denota caráter seletivo para determinação de áreas hidrotermalizadas. Com relação à porção sudoeste, onde inclui-se a zona de falha Seta de Ouro (Klein et al. 2001), os altos valores de Kn refletem preferencialmente as rochas vulcânicas ácidas da Formação Bom Jardim e do Grupo Iriú, hospedeiras das mineralizações possivelmente epitermais. *Trends* NW-SE e NE-SW segmentam esta porção, que, diferentemente da região da zona de cisalhamento Chico Torres, não foi passível de reconhecimento de unidade gamaespectrométrica tão evidencial para fins exploratórios.

- área 4: identificação de área potencial para exploração aurífera na parte sudeste da malha geoquímica para ouro em solo. As anomalias observadas estão fortemente associadas com megaestruturação NE-SW (N75°E) segmentada por alinhamentos NW-SE atribuídos à instalação da zona de cisalhamento Creporizão (Klein et al. 2001). Na porção extremo nordeste, é possível verificar a influência da instalação da zona de cisalhamento Creporizinho-Patrocínio, que também afeta duas ocorrências auríferas, apresentado a mesma orientação que a zona de cisalhamento anterior: N45°W.

- área 5: a integração das imagens da razão eTh/K com a SAR e modelagem por meio da altimetria SRTM, favoreceu a delimitação de unidades supergênicas, sendo algumas delas (vide setas) não cartografadas em Klein et al. (2001). A importância da caracterização geológica destas unidades está no fato das mesmas serem altamente potenciais para a exploração de metais como ouro, alumínio (bauxita) etc na Amazônia.

Estas breves considerações a respeito dos resultados integrados da Figura 2 permitem averiguar a utilidade de tais procedimentos indiretos para determinação de alvos exploratórios como para fins de mapeamento geológico em regiões intensamente intemperizadas, e otimizando o planejamento de trabalhos de campo.

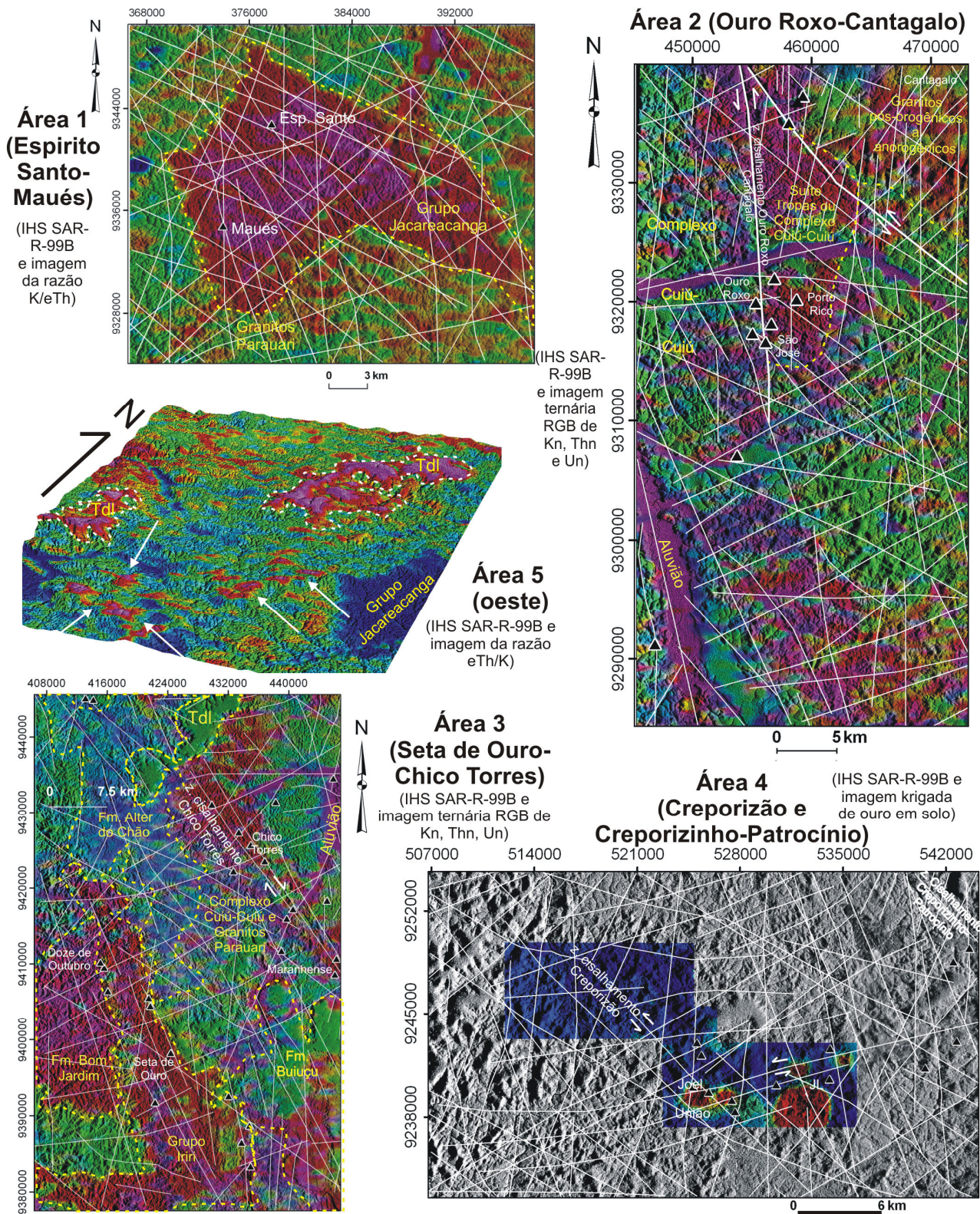


Figura 2. Integração de imagens SAR-R-99B, aerogamaespectrométricas e geoquímicas, em exemplos na Província Mineral do Tapajós (cráton Amazônico) para as áreas 1 (Espírito Santo-Maués), 2 (Ouro Roxo-Cantagalo), 3 (Seta de Ouro e Chico Torres), 4 (Creporizão e Creporizinho-Patrocínio), 5 (extremo oeste da Província Mineral do Tapajós). Triângulos consistem na localização das principais ocorrências de ouro. Tdl: cobertura laterítica pré-mapeada pela CPRM.

Entretanto, algumas recomendações a respeito da qualidade dos dados multifonte e para o desenvolvimento de futuros trabalhos também merecem destaque. Dentre elas, ressaltam-se:

- as áreas selecionadas são caracterizadas por variação topográfica em torno de 100-150 metros. Para este tipo de relevo relativamente plano, recomenda-se o uso de dados de radares imageadores com ângulos de incidência mais baixos, evitando-se forte sombreamento que implica em perda de informações do pulso microondas a ser registrado. Como exemplo, a área 4 (Crepurizão e Crepurizinho-Patrocínio) ilustra esta perda de informação, visto pelo intenso sombreamento na imagem do sensor SAR-R-99B da Missão Terra do Meio Oeste, cujos ângulos de incidência altos variam de 45° a 81,10°.

- a desfocagem de algumas porções dos segmentos imageados da Missão Terra do Meio Oeste compreendeu a principal desvantagem destes dados. Este problema, também já observado em outras missões, deve ser verificado durante as aquisições de dados SAR por meio do sensor SAR-R-99B.

- recomenda-se o desenvolvimento de outros trabalhos envolvendo o uso de imagens SAR-R-99B, visto a atual disponibilidade para universidades, resolução espacial satisfatória (3 m, 6 m, ou 18 m) entre outros fatores, visando o reconhecimento geológico de outras porções do cráton Amazônico. Concomitantemente às imagens de radar do SIPAM, estão os novos dados geofísicos aéreos que vem sendo recentemente adquiridos pelo Serviço Geológico do Brasil. Estes dois tipos de dados devem ser utilizados em conjunto e integrados para fins geológicos.

Agradecimentos

Os autores agradecem à CPRM-DIGEOP pela cessão dos dados geofísicos aéreos, e ao sr. Carlos Alberto Ribeiro de Freitas (SIPAM/CTO-BE) pela disponibilização dos dados SAR-R-99B. Thais Andressa Carrino agradece à CAPES pela bolsa de mestrado e ao Laboratório de Geofísica Aplicada (LGA-UnB) pelo suporte técnico. Adalene Moreira Silva agradece ao CNPq pela bolsa de produtividade em pesquisa.

Referências

Araújo, E.S. Projeto Especial Província Mineral do Tapajós – PROMIN Tapajós. Relatório Técnico de Geoquímica. Sedimentos de corrente e solos da área piloto Crepurizão. Áreas de detalhe: garimpo do Joel, Mineração Crepori, Fazenda JL. Estado do Pará. Brasília: CPRM, 2000, 51 p.

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. Tese de Doutorado, Universidade de Brasília, Brasília-DF, 229 pp.

Coutinho M.G.N. (Ed.) 2008. Província Mineral do Tapajós: geologia, metalogenia e mapa previsional para ouro em SIG. Rio de Janeiro: CPRM, 402p.

Klein, E.L.; Almeida, M.E.; Vasquez, M.L.; Bahia, R.B.C.; Santos, M.L.E.; Ferreira, A.L. Geologia e recursos minerais da Província Mineral do Tapajós. Folhas Vila Mamães Anã (SB.21-V-D), Jacareacanga (SB.21-Y-B), Caracol (SB.21-X-X), Vila Riozinho (SB.21-Z-A) e Rio Novo (SB.21-Z-C). Estados do Pará e Amazonas. Escala 1:500.000. Brasília: CPRM/DIEDIG/DEPAT, 2001, 81 p.

Lasa Engenharia e Prospecções S.A. 1998. Projeto aerogeofísico Província Aurífera do Tapajós (Bloco I e II): relatório final do levantamento e processamento dos dados magnetométricos e gamaespectrométricos. Volume 1. Texto técnico.

Henderson F. & Lewis A. (eds.) 1998. Principles & applications of imaging radar. Manual of R. S., 3ª ed. Am. Soc. Phot. And R. S., John Wiley & Sons. Inc. N.Y.

Minty B.R.S. 1991. Simple micro-levelling for aeromagnetic data. Exploration Geophysics, 22: 591-592.

Paradella WR. 1996. Imagens de radar. Fundamentação e experiência com o SAR na Amazônia. Fator GIS, 14(6): 40-43.

Peregovich B., Mathis A., Gomes R.S.S. 2008. Transition from small-scale artisanal gold mining to large-scale corporate mining in the Tapajós Mineral Province, Brazil. Anais do XLIV Congr. Bras. Geol., Curitiba-PR, p. 188.

Rodrigues J.L., Braga J.B.P., Oliveira R.A.F., Danin T. 2008. Tapajós Mineral: um novo ciclo de oportunidades e domínios. Anais do XLIV Congr. Bras. Geol., Curitiba-PR, p. 187.

Santos J.O.S., Hartmann L.A., Riker S.R., Souza M.M., Almeida M.E., McNaughton N.J. 2006. A compartimentação do cráton Amazonas em províncias: avanços ocorridos no período 2000-2006. In IX Simpósio de Geologia da Amazônia, 4 pp.(em CD-R).

Santos J.O.S., Groves D.I., Hartmann L.A., Moura M.A., McNaughton N.J. 2001. Gold deposits of the Tapajós and Alta Floresta domains, Tapajós-Parima orogenic belt, Amazon Craton, Brazil. Mineralium Deposita, 36: 278-299.

Silva, A.A.C. Processamento, interpretação e integração de dados geológicos e geofísicos da Província Mineral do Tapajós. 2003. 137 p. Dissertação (Mestrado em Geologia) - Universidade de Brasília, Brasília-DF. 2003.

Tassinari C.G.C. 1996. O mapa geocronológico do cráton amazônico no Brasil: revisão dos dados isotópicos. Tese de livre docência. Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo, São Paulo-SP, 139 pp.

Veloso A.S.R., Santos M.D., Santos W.P., Snee L.W. 2008. Relação entre a mineralização aurífera do depósito Ouro Roxo e a zona de cisalhamento Ouro Roxo-Cantagalo, Província Tapajós, Pará. P. 169.

Werle D., 1988. Ra dar remote sensing. A training manual. Canada Center for Remote Sensing. 9-73.