



A zona de cisalhamento Ouro Roxo-Cantagalo, Província Mineral do Tapajós: um estudo sobre o potencial aurífero a partir de imagens multisensor e modelagem de dados espaciais

Thais Andressa Carrino (LGA-UnB), Adalene Moreira Silva (LGA-UnB), Nilson Francisquini Botelho (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

This paper uses airborne geophysical data and SAR-R-99B image to distinguish possible hydrothermalized targets in a region of Tapajós Mineral Province (Pará State, Brazil), based on the application of spatial data modeling. This region is characterized by important paleoproterozoic gold occurrences associated with the Ouro Roxo-Cantagalo shear zone. The first step of the investigation was the reconnaissance of regional structures based on the SAR-R-99B sensor. The airborne gamma-ray spectrometry data were processed and analyzed through the following steps: (1) combination of the K, eTh and eU channels, displayed in the RGB color system; (2) generation of the eTh/K and eU/K ratios, F parameter, normalized potash (Kn), anomalous potash and uranium images; (3) analysis of the gamma-ray spectrometry and magnetic signatures associated with the gold occurrences; (4) determination of a hypothesis about the gold mineralization genesis and application of the *fuzzy* logic. All these interpretative products and gold predictive maps allowed the enhancement of possible hydrothermalized targets, compatible with the areas of preexisting gold occurrences and with the metalogenetic hypothesis proposed for this case study.

Introdução

A predição da distribuição espacial de depósitos minerais baseada na integração quantitativa de conjuntos de dados multifonte vem sendo crescentemente utilizada por meio da inclusão de diferentes técnicas de modelagens espaciais a Sistemas de Informações Georreferenciadas (SIGs). Exemplos podem ser verificados em An et al. (1991), Wright e Bonham-Carter (1996), Raines (1999), Venkataraman et al. (2000), Harris et al. (2001).

As vantagens do uso de modelagens preditivas foram revistas por Raines (1999) que, baseando-se em outros autores, reuniu os principais argumentos que justificam a modelagem como poderosa ferramenta para investigação de recursos naturais: (A) os modelos são fundamentais quando a resposta não está clara; (B) os modelos clareiam as questões de debate na avaliação de uma resposta; (C) os modelos não implicam em uma verdade

absoluta, porém provêm resultados refinados baseados em um ponto de vista.

Dentre os diversos tipos de métodos existentes, duas linhas principais possuem destaque. A primeira reúne as técnicas de modelagens espaciais guiadas pelos dados. Estas técnicas (e.g., redes neurais, pesos de evidência), caracterizam-se pelos parâmetros dos modelos serem calculados a partir de pontos de treinamento (Bonham-Carter 1994). A segunda linha abrange técnicas fortemente dependentes de um modelo conceitual ou hipótese previamente entendida por um *expert*. Desta maneira, são denominadas de modelagens de dados espaciais guiadas pelo conhecimento, das quais destaca-se a lógica *fuzzy* (Bonham-Carter 1994).

Esta última técnica foi selecionada neste artigo para a predição de alvos prospectivos para ouro na região da zona de cisalhamento Ouro Roxo-Cantagalo, localizada na porção oeste da Província Mineral do Tapajós (Pará) (Figura 1). As modelagens são aqui propostas em função da disponibilidade de dados gamaespectrométricos e magnetométricos aéreos e de radar SAR-R-99B, além de objetivar uma contribuição ao conhecimento geológico da PMT, visto as atuais lacunas existentes.

Contexto geológico da área de estudo

A Província Mineral do Tapajós (PMT) localiza-se no cráton Amazônico, possuindo cerca de 90.000 km² de área. A origem está associada à formação de um arco magmático paleoproterozóico acrescido ao protocráton arqueano localizado a leste (Klein et al. 2001).

As principais unidades litoestratigráficas presentes na área de estudo compreendem o Complexo Cuiú-Cuiú (rochas do embasamento, variando de granitos pouco deformadas a gnaisses ortoderivados; ~2,0 Ga); Suíte Intrusiva Parauari (granitos, granodioritos; ~1,9 Ga); Grupo Iriú (rochas vulcânicas ácidas como riolitos e dacitos- Formação Salustiano; ~1,88 Ga); Suíte Intrusiva Maloquinha (granitos anorogênicos com formas batolíticas; ~1,88 Ga); aluviões (Klein et al. 2001) (Figura 1).

Em geral, as mineralizações auríferas estão relacionadas a veios de quartzo conjugados, lenticulares e *boudins*, com ouro e sulfetos em ortognaisses do Complexo Cuiú-Cuiú (ocorrências São José 1, 2, 3, 4, Ouro Roxo, Porto Rico, Centrinho, Barro Vermelho) e na interface entre estes e o monzogranito da Suíte Intrusiva Parauari (ocorrências Cantagalo 1 e 2) (Klein et al. 2001). Na proposta de Santos et al. (2001), estes depósitos estão inclusos na categoria de ouro orogênico hospedado em arco magmático.

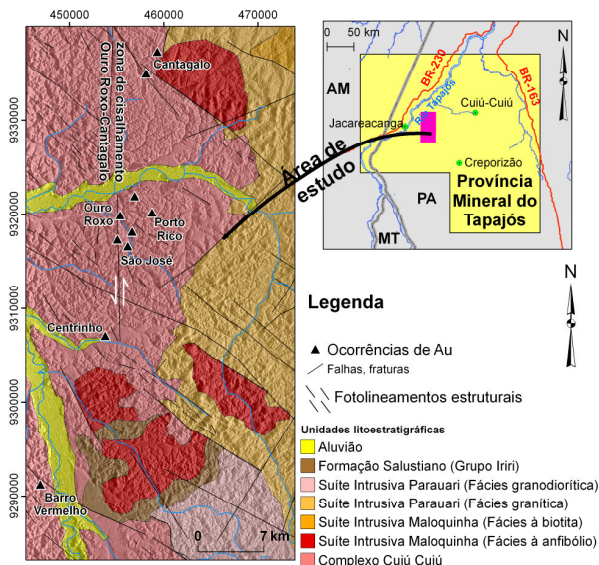


Figura 1. Localização e mapa geológico da área de estudo (Klein et al. 2001).

A principal zona de cisalhamento, Ouro Roxo-Cantagalo (também já denominada de Centrinho-Cantagalo ou São José), está orientada na direção aproximada N-S e caracteriza-se por baixo a médio ângulo (Santos et al. 2001). Há um forte controle estrutural das mineralizações de ouro, com depósitos distribuídos principalmente a leste da principal zona de cisalhamento (Klein et al. 2001, Santos et al. 2001). Estas mineralizações associam-se principalmente a zonas de cisalhamento secundárias com cerca de 3 km de extensão e ao longo da direção N10°E a N30°E. As rochas hospedeiras são pertencentes ao Complexo Cuiú-Cuiú (Klein et al. 2001, Veloso et al. 2008) ou à Suite Intrusiva Tropas, conforme proposto por Santos et al. (2001). Destaca-se que a distribuição espacial dos depósitos sugere um *link* estrutural com a zona de cisalhamento regional N-S.

Santos et al. (2001), analisando o depósito de Ouro Roxo, verificaram que as zonas de alteração apresentam alteração clorítica, pirita disseminada e veios de quartzo, carbonato e pirita. Há forte correlação entre o conteúdo de pirita e a abundância de ouro. Foram constatadas ocorrências de ouro como inclusões de finas partículas em pirita e na forma livre visível. Veloso et al. (2008) também estudaram o depósito Ouro Roxo, concluindo um caráter epigenético da mineralização com relação ao cisalhamento e atribuindo um depósito do tipo *lode*. Segundo estes autores, a zona de cisalhamento transcorrente Ouro Roxo-Cantagalo afetou os granitóides, gerando-se protomilonitos e milonitos intercalados com zonas de brechas mais restritas. O principal sulfeto compreende a pirita, havendo também calcopirita, esfalerita e bismunita. As principais alterações hidrotermais consistem na silicificação, sulfetação, além de alterações hidrotermais pervasivas e concomitantes à milonitização como a cloritização, sericitização/fengitização, carbonatação. Cristais prismáticos de hornblenda e lamelas de biotita encontram-se intensamente substituídos por clorita e carbonato e associados com titanita e magnetita.

Materiais

Dados de radar de abertura sintética (SAR) e aerogeofísicos foram selecionados ao estudo.

A imagem SAR, pertencente à Missão Terra do Meio Oeste, foi adquirida pela aeronave R-99B, e caracteriza-se por: altura de aquisição de 35.000 pés, registro em banda L (Lhh, Lhv, Lvh, Lv), resolução espacial de 18 x 18 m, tamanho de pixel de 15 m, 8 looks, ângulo de incidência (*near ao far range*) de 45° a 81,10°, e visada para oeste. Os dados aerogeofísicos da CPRM são referentes ao levantamento Bloco 1-Província Aurífera do Tapajós, 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 e o sistema aeromagnético Picodas PDAS 1000 (aquisição e compensação) acoplado a um sensor de vapor de césio modelo CS-12 da SCINTREX, com resolução de 0,001 nT, que foi montado na cauda da aeronave (Lasa Engenharia e Prospecções S.A., 1998).

Abordagem metodológica

Tratamento de imagens SAR-R-99B

A imagem de radar do sensor SAR-R-99B foi avaliada visualmente, verificando-se a desfocagem (possivelmente devido a problemas na plataforma aérea) em pequenas partes, além da ausência do *speckle*, já que as imagens são caracterizadas pelo formato *multilook*. A correção radiométrica foi realizada por meio da aplicação da correção do padrão de antena, utilizando-se uma função de grau 5. A correção geométrica foi realizada com base em 59 pontos de controle auxiliados por carta topográfica em escala 1:250.000, obtendo-se um erro de 13,44 m. Posteriormente a estas correções, as drenagens da área de estudo foram interpretadas, seguindo-se das feições lineares e alinhamentos de drenagem, todos apresentados, respectivamente, na Figura 2 (a, b, c).

Processamento e interpretação de dados geofísicos

As imagens gamaespectrométricas e magnetométricas foram produzidas por Silva (2003), que utilizou o interpolador curvatura mínima, adotando-se o tamanho de 250 m para a célula dos *grids*, e realizou o micronivelamento baseado em Minty (1991), e com o algoritmo desenvolvido por Blum (1999).

Com base nas imagens de K, eTh e eU, fez-se a composição colorida utilizando-se o espaço de cores RGB conforme mostrado na Figura 2 (d). Nesta figura, unidades gamaespectrométricas de médio a alto K estão delimitadas, além dos principais lineamentos gamaespectrométricos. Outros processamentos foram adotados a fim de realçar o K (elemento guia para a localização de depósitos na área de estudo), como a produção das imagens de:

(A) razões eTh/K (Figura 2 (e)) e eU/K;

(B) imagem do parâmetro F (e.g., Quadros et al., 2003), que baseia-se nas relações de abundância de K associada à razão eTh/U e da abundância de eU relacionada à razão eTh/K. O parâmetro F e a razão eTh/K são procedimentos que utilizam-se do normalizador eTh, tornando possível a distinção do enriquecimento hidrotermal de K das informações do *background* geológico (e.g., metamorfismo, intemperismo etc);

(C) imagens do potássio (Kd) (Figura 2 (f)) e urânio (Ud) anômalos (Pires 1995). Estas imagens realçam a acumulação secundária de K e de eU por meio da normalização destes radioelementos em função dos valores de eTh. Obtêm-se o Kd e o Ud por meio da diferença entre valores previstos de K ou eU e os valores medidos;

(D) normalização do K (Kn) a fim de proporcionar a análise da abundância relativa deste canal radiométrico na área de estudo. Este procedimento foi realizado pela divisão dos valores de K pela somatória de K, eTh e eU.

Ressalta-se que estas imagens gamaespectrométricas foram integradas com imagem de radar por meio da técnica IHS, sendo a componente intensidade associada à imagem do SAR-R-99B (Lhh), a exemplo dos resultados mostrados na Figura 2 (e, f). Além disso, interpretação estrutural principal também foi adicionada.

Silva (2003) calculou o campo magnético anômalo e, posteriormente, as transformações lineares do mesmo, tais como: cálculo das derivadas horizontais (DY e DX) e vertical (DZ), geração da imagem da amplitude do sinal analítico (ASA), do gradiente horizontal total (AGHT) e da inclinação do sinal analítico (ISA), para todo o aerolevantamento do Bloco 1. Estas imagens geradas foram recortadas a fim de individualizar a área de estudo. A partir deste novo banco de dados, as imagens magnéticas produzidas foram avaliadas visualmente para a identificação dos principais lineamentos. A interpretação final está apresentada na Figura 2 (g), sobreposta à imagem ternária das derivadas DZ, DY e DX em RGB, e na Figura 2 (h), sobreposta à interpretação de quatro unidades magnéticas identificadas por meio de ASA.

Modelagem de dados espaciais

A lógica *fuzzy* consiste em um método preciso para a representação de informações de diferentes conjuntos de dados e combinação deles a partir de uma série de processamentos (An et al. 1991). O primeiro compreende a análise e construção de um banco de dados *raster*, seguindo-se da aplicação de funções de pertinência *fuzzy* (μ) que geram maior simplificação dos dados, sendo estes escalonados em graus de variabilidade entre 0 (pertinência nula) a 1 (pertinência total). Este processo é denominado *fuzzy*ificação. A última etapa equivale à aplicação de diferentes operadores de combinação *fuzzy* que podem ser revistos em Bonham-Carter (1994). Dentre os operadores mais utilizados estão a soma algébrica *fuzzy* (soma de mapas *fuzzy*ificados, resultando nos maiores valores se comparados com mapas de entrada); o produto algébrico *fuzzy* (produto entre mapas

*fuzzy*ificados, sendo o resultado final marcado pelos menores valores dos mapas de entrada); e o gama *fuzzy* (contrabalança valores minimizantes do produto algébrico e os maximizantes da soma algébrica *fuzzy*) (Bonham-Carter 1994). Independentemente da aplicação de quaisquer operadores *fuzzy*, o resultado final equivale a um mapa de distribuição de possibilidades (An et al. 1991, Bonham-Carter 1994).

Anterior à modelagem de dados multifonte, é necessária a formulação de uma hipótese prospectiva. Assim, o modelo conceitual proposto neste artigo compreende a associação da mineralização com altos valores magnéticos e de K, além de condicionamento estrutural, visto, por exemplo, na análise da relação das ocorrências auríferas conhecidas pela CPRM com os temas mostrados na Figura 2, e baseando-se nas descrições de campo de alguns depósitos (Klein et al. 2001, Santos et al. 2001, Veloso et al. 2008). Desta maneira, foram selecionados os seguintes dados de entrada para modelagens: (A) estruturas magnéticas, gamaespectrométricas e aquelas visualizadas por meio do SAR, principalmente as de direção N10°-30°E e N10°W a N20°E (cf., Santos et al. 2001); (B) imagem da ASA, por caracterizar a região das ocorrências atualmente conhecidas por meio de altas amplitudes. Esta caracterização está associada à ocorrência do arco Cuiú-Cuiú conforme já observado por Silva (2003); (C) imagens das razões de eTh/K e eU/K (baixos valores caracterizando o possível hidrotermalismo), e do parâmetro F, Kd, Ud e Kn, cujos maiores valores possuem maior probabilidade de associação com a mineralização de ouro. Definido o modelo conceitual, a lógica *fuzzy* foi aplicada da seguinte maneira:

A) *fuzzy*ificação de todos os dados de entrada, com aplicação da função pertinência *fuzzy large* (nas imagens de Kn, Kd, Ud, do parâmetro F e da ASA) e *small* (nas imagens de eTh/K e eU/K e *buffers*, gerados com distâncias de até 1000 m);

(B) aplicação do operador produto algébrico *fuzzy* considerando-se todos os mapas *fuzzy*ificados como dados de entrada (Figura 3 (a)).

(C) aplicação do operador soma algébrica *fuzzy* considerando-se todos os mapas *fuzzy*ificados como dados de entrada;

(D) uso do operador gama *fuzzy* aos mapas gerados pela aplicação dos operadores produto e soma algébrica *fuzzy* (itens B e C), considerando-se valores do parâmetro gama equivalentes a 0.9 e 0.7. Estes dois resultados estão apresentados na Figura 3 (b, c).

Resultados e conclusões

A análise da rede de drenagem, feições lineares e alinhamentos de drenagem (Figura 2 (a, b, c)) realçou o limite entre os granitos pós-orogênicos (Parauari) a anorogênicos (Maloquinha) no extremo nordeste da área de estudo e o possível batólito Suíte Intrusiva Tropas conforme proposto por Santos et al. (2001), ou do Complexo Cuiú-Cuiú (Klein et al., 2001), que por sua vez, compreende a unidade hospedeira das mineralizações de

ouro. Afetando esta unidade, observa-se a zona de cisalhamento Ouro Roxo-Cantagalo, bem visível principalmente por condicionar a drenagem N-S. Outras

estruturas também são verificadas por meio do radar (Figura 2 (a, b)), gamaespectrometria (Figura 2 (d)) e magnetometria (Figura 3 (g)).

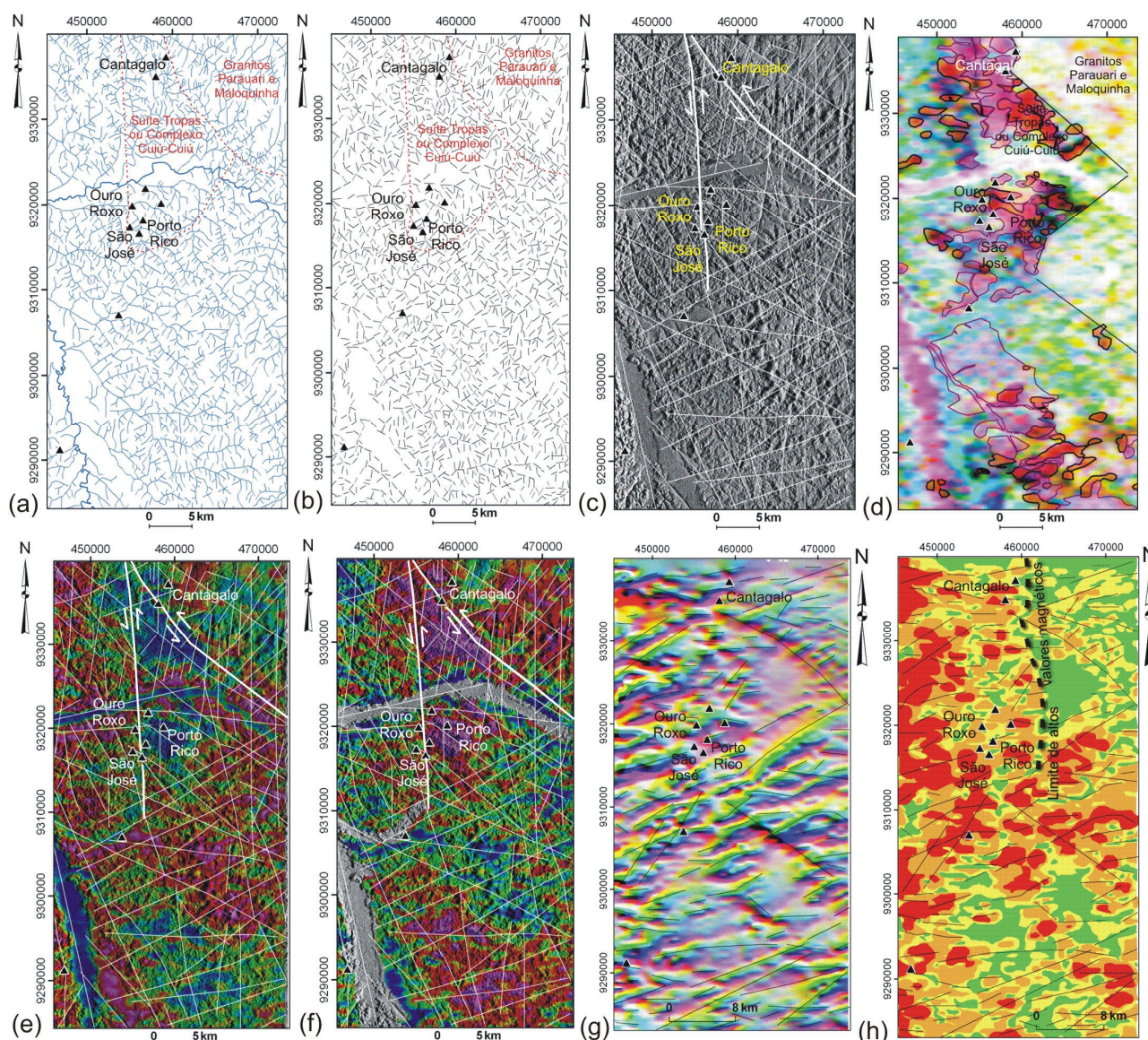


Figura 2. Resultados de interpretação de imagens SAR e geofísicas aéreas: (a) mapa de drenagem; (b) mapa de feições lineares de drenagem; (c) principais alinhamentos de drenagem sobrepostos à imagem SAR-R-99B (Lhh); (d) imagem ternária de K, eTh e eU (RGB) e delimitação de unidades gamaespectrométricas de médio a alto K, além de lineamentos gamaespectrométricos; (e) imagem da razão eTh/K integrada com SAR-R-99B (Lhh); (f) imagem do potássio anômalo (Kd) integrada com SAR-R-99B (Lhh); (g) combinação colorida das derivadas em z, y e x (RGB) e interpretação de lineamentos magnéticos; (h) unidades magnéticas (cores quentes indicam maiores valores magnéticos).

Os alinhamentos de drenagem orientados nas direções NE-SW e NW-SE registram a tectônica paleoproterozóica posteriormente reativada, e que afetou a província como um todo. A interpretação de lineamentos, principalmente aqueles de direção N-S, N10°W a N30°E, foram fundamentais para a modelagem de dados, conforme visto a importância dos mesmos em campo por outros autores (cf., Santos et al. 2001), que estudaram garimpos

da região, atribuindo uma origem do tipo *lode* relacionado a arco magmático. Estas direções são claramente visualizadas com base na imagem de radar e mapas de drenagem, feições lineares e alinhamentos de drenagem (Figura 2 (a, b, c)), observando-se uma maior repetição deste padrão na porção norte da área de estudo. Nesta área, ocorre o possível arco Tropas (Santos et al., 2001) ou Cuiú-Cuiú (Klein et al., 2001).

A assinatura geofísica da região mineralizada compreende altos valores de K, Kn, Kd, parâmetro F, e baixos da razão eTh/K (Figura 2). Além disso, médias a altas amplitudes do sinal analítico são observadas (Figura 2 (h)). Todas estas assinaturas justificam a caracterização proposta neste artigo para as ocorrências de ouro, além da dependência de estruturas secundárias associadas à zona de cisalhamento principal (Ouro Roxo-Cantagalo). Entretanto, cabe ressaltar que unidades a sul e nordeste da área de estudo, relacionadas aos granitos Parauari e Maloquinha, em partes também apresentam respostas geofísicas similares, porém sem ocorrências cartografadas de mineralizações atualmente.

Os mapas previsionais gerados para a região de estudo (Figura 3), apresentam graus de favorabilidade para a

prospecção de ouro condicionados por altos valores magnéticos e de K e com marcante condicionamento estrutural. O uso do produto algébrico *fuzzy* (Figura 3 (a)), produziu um resultado mais refinado se comparado com a aplicação dos operadores gama *fuzzy* 0.9 (resultado mais “otimista” dentre todos) e gama *fuzzy* 0.7 (resultado intermediário).

A principal área cartografada como potencial para mineralizações auríferas compreendeu a porção leste da zona de cisalhamento Ouro Roxo-Cantagalo (Figura 3), correlata ao possível arco Tropas ou parte do arco Cuiú-Cuiú. Áreas ao sul que apresentaram potencialidade devem ser interpretadas com cautela, pois não foram afetadas especificadamente pela zona de cisalhamento mencionada acima.

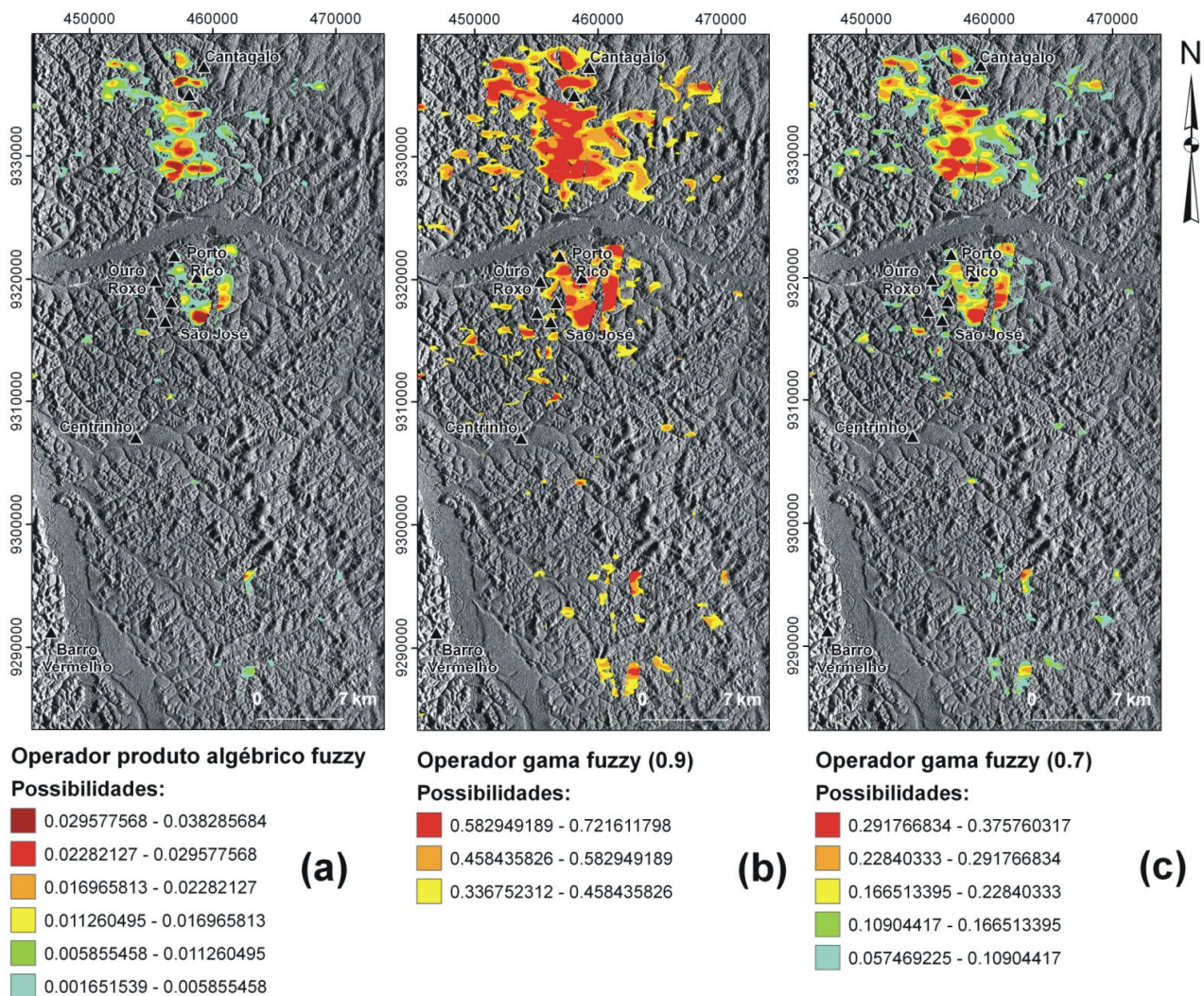


Figura 3. Resultados da aplicação dos operadores *fuzzy*, integrados com a imagem SAR-R-99B (Lhh) e ocorrências auríferas já conhecidas (cf., Klein et al. 2001): (a) produto algébrico *fuzzy*; (b) gama *fuzzy* ($\gamma=0.9$); (c) gama *fuzzy* ($\gamma=0.7$).

Ainda sobre o modelo conceitual proposto neste artigo, baseado no realce de regiões hidrotermalizadas caracterizadas por enriquecimento de K, há uma grande

importância na escolha das imagens gamaespectrométricas de entrada, não devendo ser estas apenas os canais individuais de K, eTh e eU. Isto porque, principalmente em terrenos intemperizados, a

assinatura dos radioelementos pode estar relacionada não apenas a condições hidrotermais, mas ao *background* geológico como produtos intempéricos, aluviões, além das assinaturas próprias das rochas. Com o objetivo de refino deste tipo de assinatura hidrotermal, as razões de radioelementos, os cálculos do parâmetro F, de Kd, Ud e Kn foram assumidos justamente como ferramentas para a distinção destas respostas. Por isto, assim como demonstrado neste artigo, recomenda-se fortemente a inclusão deste tipo de imagens calculadas para estudos de alterações hidrotermais caracterizadas por altos valores de K, principalmente considerando-as como dados de entrada em modelagens espaciais.

A imagem da ASA foi relevante ao estudo e caracterização desta porção da Província Mineral do Tapajós, pois assumiu-se que valores médios a altos associados ao arco Cuiú-Cuiú, por sua vez, hospedeiro das mineralizações conhecidas (e.g., Klein et al. 2001), são determinantes para a investigação de novos alvos potenciais. Entretanto, o entendimento sobre a questão magnetização/desmagnetização relacionada às mineralizações ainda não está clara para toda a província.

A continuidade desta pesquisa irá se estender à aplicação de modelagens espaciais guiadas por dados, a fim de comparar estes futuros resultados com os gerados neste artigo sob o enfoque subjetivo do *expert*. Adicionalmente, novos dados de campo e digitais, se disponíveis, poderão ser acrescentados para melhorar a consistência dos modelos.

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

An P., Moon W.M., Rencz A. Application of *fuzzy set theory* to integrated mineral exploration. Canadian Journal of Exploration Geophysics, 27(1): 1-11.

Blum, M.L. Processamento e interpretação de dados de geofísica aérea no Brasil central e sua aplicação à geologia regional e à prospecção mineral. 1999. 229 p. Tese (Doutorado em Geologia) - Universidade de Brasília, Brasília-DF, 1999.

Bonham-Carter G.F. 1994. Geographic information systems for geoscientists: modelling with GIS. Oxford, Pergamon, 398p.

Harris J.R. Wilkinson L., Heather K., Fumerton S., Bernier M.A., Ayer J., Dahn R. 2001. Application of GIS processing techniques for producing mineral prospectivity maps – a case study: mesothermal Au in the Swayze

greenstone belt, Ontario, Canada. Natural Resources Research, 10(2): 91-124.

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.

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

Pires A.C.B. 1995. Identificação geofísica de áreas de alteração hidrotermal, Crixás-Guarinos, Goiás. Revista Brasileira de Geociências, 25(1): 61-68.

Quadros T.F.P., Koppe J.C., Strieder A.J., Costa J.F.C.L. Gamma-ray data processing and integration for Iode-Au deposits exploration. Natural Resources Research, 2003, 12(1): 57-65.

Raines G.L. 1999. Evaluation of weight of evidence to predict epithermal gold deposits in the Great Basin of the western United States. Natural Resources Research, 8(4), 257-276.

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).

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.

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. In: Anais...44, CBG. Curitiba, XLIV Congr. Bras. Geol., p. 169.

Venkataraman G., Madhavan B.B., Ratha D.S., Antony J.P., Goyal R.S., Banglani S., Roy S.S. 2000. Spatial modeling for base-metal mineral exploration through integration of geological data sets. Natural Resources Research, 9(1): 27-42.

Wright D.F., Bonham-Carter G.F. 1996. VHMS favourability mapping with GIS-based integration models, Chisel Lake-Anderson Lake area. In: Bonham-Carter G.F., Galley A.G., Hall G.E.M. (eds.). EXTECH I: A multidisciplinary approach to massive sulphide research in the Rusty Lake-Snow Lake greenstone belts, Manitoba. Geological Survey of Canada, Bulletin 426, p. 339-376, 387-401.