GEOLOGIA E CONTROLE ESTRUTURAL DOS DEPÓSITOS DE OURO DO GRUPO AGUAPEÍ - REGIÃO DA LAVRINHA, SUDOESTE DO CRÁTON AMAZÔNICO

CARLOS JOSÉ FERNANDES^{1,3}, AMARILDO SALINA RUIZ^{1,3},
RAUL MINAS KUYUMJIAN^{2,3} & FRANCISCO EGÍDIO C. PINHO^{1,3}

Abstract *GEOLOGY AND STRUCTURAL CONTROL OF THE GOLD DEPOSITS IN THE AGUAPEÍ GROUP – LAVRINHA REGION, SOUTHWESTERN OF THE AMAZONIAN CRATON – BRAZIL* The southwestern portion of the Amazonian Craton, in the Mato Grosso state, Central Brazil contains important gold concentrations that are associated with the tectonic and thermal evolution of the Aguapeí folded belt. In these concentrations gold is associated with metasedimentary rocks of the Aguapeí Group that cross the Brazilian border and has been called as Sunsas Group in Bolivia. The Lavrinha region at the central portion of the Aguapeí folded belt, is located in the fold-hinge of the Cágado anticline and represents a domain of low angle tangential tectonism that demonstrate an allochthonism of the Aguapeí Group sediments from SW to NE. In this site, the deformation on the Aguapeí group generates a boundary of this group with the basement rocks which is represented by granitic-gnaissic rocks. The boundary forms a 2 to 3 metres large shear zone, called Morro Solteiro Shear Zone. Nine gold deposits are mapped at the Lavrinha region, distributed in three levels (inferior, intermediate and superior). The inferior level is represented by the Morro Solteiro Shear Zone, and has been considered to be the most important for gold exploration. The intermediate level is represented by a series of stick-slip movements along the bedding plane developed in the metaconglomerate and quartzites with metassiltites and metamudstone intercalation. The superior level is associated with metassiltites and metasandstone. Gold mineralization is generated by the percolation of hydrothermal-metamorphic fluids of aqueous to aqueous-carbonic composition presenting a elevated H_2O/CO_2 ratio, low salinity and high sulphur activity. These fluids were generated by the end of the Sunsas-Aguapeí orogeny (1.1 – 0.95Ga). The mineralogical assemblage is represented by pyrite, magnetite, hematite, ilmenite and chalcopyrite. The presence of pyrite boxworks and hematite associated with magnetite and leucoxene represents the weathering of the sulphide and oxide minerals. Thus, native gold disseminated in the hydrothermal altered mylonites indicate a secondary enrichment of gold at the Lavrinha region.

Keywords: structural control, gold, conglomerate, Aguapeí Group, Amazonian Craton.

Resumo A porção sudoeste do Cráton Amazônico no estado de Mato Grosso, Brasil Central, contém importantes concentrações auríferas associadas à evolução tectono-termal da Faixa Móvel Aguapeí. O ouro ocorre em rochas metassedimentares do Grupo Aguapeí que adentram a Bolívia onde são conhecidas como Grupo Sunsás. A região da Lavrinha, na porção central da Faixa Móvel Aguapeí, está localizada no fechamento da Anticlinal do Cágado e representa um Domínio Tectônico Contracional de Baixo Ângulo que demonstra um aloctonismo de SW para NE das rochas metassedimentares do Grupo Aguapeí. Nesta porção, a deformação do Grupo Aguapeí gerou no limite deste grupo com o embasamento representado por rochas granito-gnaisses uma zona de cisalhamento de 2 a 3 metros de espessura denominada de Zona de Cisalhamento Morro Solteiro. Nove depósitos foram mapeados na região da Lavrinha, distribuídos em três horizontes (Inferior, Intermediário e Superior). O Horizonte Inferior é representado pela Zona de Cisalhamento Morro Solteiro, sendo considerado o mais importante em termos prospectivos. O Horizonte Intermediário é representado por uma série de deslizamentos intraestratais desenvolvidos nos metaconglomerados e metarenitos com intercalações de metassiltitos e metargilitos. O Horizonte Superior está associado a metassiltitos e metarenitos. A mineralização aurífera é gerada pela percolação de fluidos hidrotermais-metamórficos de composição aquosa e aquo-carbônicas que apresenta uma alta razão H_2O/CO_2 , baixa salinidade e alta atividade de enxofre. Estes fluidos foram gerados no final da Orogenia Sunsás-Aguapeí (1.1 – 0.9Ga). A paragénes mineral é representada por pirita, magnetita, hematita, ilmenita e calcopirita. A presença de boxworks de pirita e hematita associada à magnetita e leucoxênio evidenciam a alteração intempérica de óxidos e sulfetos, o que demonstra um enriquecimento sepegênico dos depósitos da região da Lavrinha.

Palavras-chave: Geologia Estrutural, Ouro, Grupo Aguapeí, Conglomerados, Cráton Amazônico.

INTRODUÇÃO A Província Aurífera do Alto Guaporé contém importantes ocorrências de ouro no sudoeste do Cráton Amazônico, Estado de Mato Grosso – fronteira Brasil/Bolívia (Fig. 1). O ouro está associado à evolução tectono-termal mesoproterozóica da Faixa Móvel Aguapeí, cinturão NNW com 25 a 50 km de largura e extensão em torno de 600 km, gerado durante a colagem final do supercontinente Rodínia (1.2 a 1.0 Ga) (Litherland et al. 1986, Scabora & Duarte 1998, Fernandes et al. 2004a).

A Faixa Móvel Aguapeí, de natureza claramente ensialica apresenta, em sua parte central, um conjunto de serras alinhadas NW, desenvolvidas em rochas metassedimentares do Grupo Aguapeí e em seu embasamento, as quais exibe intensa deformação associada a metamorfismo de fácies xisto verde. Ao longo desta

faixa são registradas pelo menos 20 ocorrências auríferas com controle estrutural e litológico bem marcados.

Na região da Lavrinha, próximo à cidade de Pontes e Lacerda, Ruiz et al. (2001) e Fernandes et al. (2004a) em compartimentação da deformação na Faixa Móvel Aguapeí, caracterizam o Domínio da Tectônica Tangencial de Baixo Ângulo. Este domínio é regido por cavalgamentos de SW-NE conduzidos ao longo de superfície de descolamento basal na interface embasamento/cobertura sedimentar, tipificando uma tectônica pelicular delgada. O ouro, associado às zonas de cisalhamento, ocorre em veios de quartzo e disseminado nas rochas encaixantes em estruturas que denotam dilatação tais como *tension gashes*, fraturas extensionais e *saddle reefs* em zonas de charneiras de dobras menores.

1 - Instituto de Ciências Exatas e da Terra, UFMT, MT, Cuiabá, Av. Fernando Correa, Bairro Coxipó CEP. 78060-900. E-mail: cafer@cpd.ufmt.br

2 - Instituto de Geociências, Universidade de Brasília, DF, Brasília, Campus Universitário Darcy Ribeiro, CEP.70919-970

3 - Grupo de Pesquisa Recursos Minerais de Mato Grosso – CNPq.

Nesta região são conhecidos nove depósitos associados à deformação de diferentes níveis estratigráficos da Formação Fortuna, base do Grupo Aguapeí, os quais estão concentrados em três diferentes horizontes mineralizados denominados Inferior, Intermediário e Superior.

GEOLOGIA REGIONAL Na porção sudoeste de Mato Grosso e leste boliviano o Cratão Amazônico é formado pela junção de diferentes terrenos paleo-mesoproterozóicos (1,8 a 1,4 Ga), denominados por Saes (1999), de leste para o oeste, como Terreno Jauru, Terreno Santa Helena, Terreno Rio Alegre, Terreno Paraguai e Terreno San Pablo. O Grupo Aguapeí, formado entre 1,28 a 0,95 Ga (Litherland & Bloomfield 1981), compreende rochas sedimentares depositadas em aulacógeno desenvolvido junto à sutura do Terreno Rio Alegre e Santa Helena (Saes 1999). O Terreno

no Santa Helena ocorre à leste da área e é representado por batólito alongado NW, constituído por granitos e granodioritos com idades U/Pb variando de 1,45 a 1,42 Ga (Geraldes *et al.* 2001) (Fig. 2). Idade modelo Sm/Nd (T_{DM}) para esta unidade de 1,62 Ga ($\bar{\alpha}_{ND(T)} = 3,1$), indica que o magma granítico original derivou-se de uma fonte contendo crosta continental retrabalhada. Já o Terreno Rio Alegre, caracterizado como ofiolito por Saes (1999), ocorre a oeste e inclui rochas juvenis vulcânicas e plutônicas máficas com idade 1,52 a 1,47 Ga (Geraldes *et al.* 2001) (Fig. 2).

De acordo com Souza & Hildred (1980), Saes & Leite (1993) e Saes (1999) o Grupo Aguapeí é composto por três formações, denominadas da base para o topo, como Fortuna, composta por conglomerados oligomíticos e arenitos quartzosos com raras intercalações de siltitos depositados em estágio *rift*; Vale da Promissão, constituída de siltitos, argilitos e arenitos subordinados for-

Figura 1 – Esboço geológico do sudoeste do estado de Mato Grosso (Modificado de Saes *et al.* 1984, Saes 1999 e Monteiro *et al.* 1986).

Figura 2 – Mapa geológico da porção sudoeste do Estado de Mato Grosso – fronteira Brasil/Bolívia.

mados em estágio sinéclise, e Morro Cristalina, composta de arenitos com intercalações de conglomerados e finos leitos de siltitos, depositados em ambientes fluviais entrelaçados e dunas eólicas durante estágio de inversão.

Litherland & Bloomfield (1981), Litherland & Power (1989) e Alvarenga & Saes (1992) correlacionam o Grupo Aguapeí com o Grupo Sunsás na Bolívia, indicando provável elo entre as bacias. Tanto o Aguapeí quanto o Sunsás são interpretadas como representantes de seqüências transgressivas-regressivas completas (Geraldes *et al.* 2001). As rochas siliciclásticas deste grupo ocorrem como coberturas indeformadas a oeste da área de estudo em porções das serras de Ricardo Franco e Santa Bárbara e, a leste, na região de Rio Branco. Na porção central da Faixa Móvel Aguapeí, onde situam as mineralizações auríferas, estes sedimentos estão deformados e metamorfizados no fácies xisto verde.

GEOLOGIA DA REGIÃO DA LAVRINHA A região da Lavrinha, nome dado pelos garimpeiros que trabalharam no local, representa aproximadamente 40 km² onde são registrados nove depósitos auríferos além de diversas ocorrências. Situa-se no fechamento da Anticlinal do Cágado, estrutura de abrangência regional sustentada pelos metassedimentos do Grupo Aguapeí (Fig. 3).

Na área do anticlinal registrou-se apenas rochas da Formação Fortuna, representada por pacote basal de metaconglomerados oligomíticos e metarenitos quartzosos com raras intercalações de siltitos e argilitos, nível de metassiltitos e metargilitos com intercalações de metarenitos e, no topo, metaconglomerados e metarenitos (Fig. 3). À oeste, no Sinclinal do Caldeirão, ocorrem rochas sedimentares da Formação Vale da Promissão (Fig. 2).

O embasamento do Grupo Aguapeí na região dos depósitos é

representado pelo Gnaiss Lavrinha, Tonalito Lavrinha e Granito-Gnaiss Santa Helena e pela Seqüência Vulcanossedimentar Pontes e Lacerda. A primeira unidade, composta por quartzo, plagioclásio, biotita, muscovita e granada, ocorre de forma localizada (Fig. 3) e não possui ainda dados geocronológicos.

O Tonalito Lavrinha está restrito à porção interna da Anticlinal do Cágado e tem idade U/Pb de 1464 ± 25 Ma (Geraldes, 2000). É cinza a verde, com anfibólio e biotita distribuídos proporcionalmente além de plagioclásio e quartzo com textura em mosaico. O Granito-Gnaiss Santa Helena é cinza a rosa, aflora em pontos restritos nas proximidades do depósito Nilton Brasileiro. Na porção sul da anticlinal esta unidade é dominante (Fig. 2). É composto por quartzo, k-feldspato, plagioclásio, biotita e anfibólio e tem idade U/Pb de 1433 ± 06 Ma (Geraldes 2000). Já a Seqüência Vulcanossedimentar Pontes e Lacerda, de idade U/Pb de 1509-1503 Ma (Matos *et al.* 2004), aflora a leste da Anticlinal do Cágado de forma arrasada e de difícil caracterização. Segundo Menezes *et al.* (1993) compreende seqüências vulcano-química e clásticas, de idade mesoproterozóica, fortemente transpostas e metamorfizadas no intervalo de fácies xisto verde alto a anfibolito baixo.

Deformação e Metamorfismo A estruturação regional e local demonstra clara aloctonia de SW para NE das rochas do Grupo Aguapeí sobre o embasamento. Na região da Lavrinha o transporte proporcionou, no contato desta unidade com o embasamento, a formação de zona de cisalhamento com espessura de 2 a 3 m, denominada Zona de Cisalhamento Morro Solteiro por Silva & Santos (2001) (Fig. 4). Sondagens no depósito do Ernesto (Fig. 3) evidenciaram que esta zona tem, em profundidade, até 11 m. A mineralização aurífera foi gerada pela percolação de fluidos

Figura 3 – Mapa geológico da região da Lavrinha com a localização dos depósitos e ocorrências auríferas.

hidrotermais ao longo desta estrutura e suas subsidiárias.

Dois eventos deformacionais foram reconhecidos nas rochas da região da Lavrinha. O Dn, pré-Sunsás, relacionado ao Evento Rondoniano-San Ignacio (Tassinari & Macambira 1999), atuou essencialmente sobre as rochas ortognáissicas do embasamento, imprimindo nestas as foliações metamórficas Sn (bandamento gnáissico) de direção NW e Sn+1 (clivagem de crenulação). Este evento não pode ser bem caracterizado por estar impresso somente no Gnaiss Lavrinha, de ocorrência restrita na área.

O evento D1 (Sunsás-Aguapeí – Litherland *et al.* 1989) é caracterizado por intensa tectônica compressional, que gerou a Zona de Cisalhamento Morro Solteiro, com foliação milonítica penetrativa S1 (N30°W/45°NE no depósito do Ernesto; N20°W/45°SW nos depósitos do Clementino e Copacel I), no contato entre a Formação Fortuna e o Tonalito Lavrinha (Fig. 4 e 5). Ainda em D1 se edificaram os amplos dobramentos regionais, reconhecidos como Sinclinal do Caldeirão e Anticlinal do Cágado por Menezes *et al.* (1993), dando origem à foliação plano axial S2 (N15°W/55°NE; N40°W/45°SW), representada por clivagens disjuntivas e clivagens de crenulação (Fig. 4, 5 e 6).

Em relação ao metamorfismo a paragênese diagnóstica das condições de recristalização pós-diagenéticas é representada por quartzo-muscovita-clorita. Representam condições variando de anquimetamórficas a fácies xisto verde baixa, mais evidentes nos milonitos da Zona de Cisalhamento Morro Solteiro e naqueles gerados às expensas dos argilitos, siltitos e arenitos do topo da Formação Fortuna.

Mineralização Os depósitos auríferos do Grupo Aguapeí

correspondem aos encontrados nas *gold-only provinces*, onde o ouro é o principal bem mineral explorado (Phillips & Powell 1992). Ocorrem em seqüências sedimentares metamorfas classificadas na tipologia de depósitos epigenéticos *lode-gold* (Arehart 1996) ou *vein-type gold* (Hodgson 1989).

Na região da Lavrinha o minério é constituído por sistemas de veios de quartzo concordantes com as estreitas zonas miloníticas de baixo ângulo e por disseminações nos halos de alteração hidrotermal. O ouro nativo ocorre associado a sulfetos e óxidos: pirita, magnetita, hematita e, secundariamente, ilmenita e calcopirita. Nos depósitos do horizonte intermediário e superior a alteração hidrotermal é representada por sericitização, silicificação, sulfetização, oxidação e turmalinização. No horizonte inferior, junto ao Tonalito Lavrinha cisalhado, ocorrem ainda epidotização, cloritização, biotitização e carbonatação.

Análise por microsonda eletrônica de grãos de pirita e ouro dos depósitos Jair/Lavrinha, Pombinha e Ernesto Inferior mostrou que a pirita contém traços de As, Sb, Cu, Ni, e Co e Se superior a 3600 ppm. O ouro é muito puro (92 a 97%) contendo de 3 a 7% de Ag, Cu e Bi e como traços, Te, Sb, Fe e As (Geraldes *et al.* 1997).

Os fluidos mineralizantes foram canalizados pela Zona de Cisalhamento Morro Solteiro e suas subsidiárias. Estudo de inclusões fluidas em 14 amostras de veios de quartzo dos três horizontes mineralizados possibilitou o reconhecimento, segundo a metodologia de Shepherd *et al.* (1985), de três conjuntos de inclusões denominadas Tipo I – trifásicas aquo-carbônicas, Tipo II – bifásicas aquosas e Tipo III – monofásicas aquosas, as quais estão distribuídas em dois sistemas teóricos: H_2O+CO_2+NaCl (Tipo I) e $H_2O+NaCl$ (Tipo II e Tipo III) (Fig. 7A). As inclusões monofásicas

Figura 4 – Mapa estrutural da área estudada baseado em imagem de satélite Landsat-TM escala 1:100.000. O bloco diagrama representa o perfil X-Y no mapa (Baseado em Silva & Santos, 2001).

Figura 5 – Projeções estereográficas para pólo de acamamento S0 e foliação milonítica S1 sub-paralelos e S2 nos diferentes depósitos da região da Lavrinha 1 – Japonês; 2 – Nosde; 3 – Jair/Lavrinha; 4 – Ernesto e Copacel 2; 5 – Serra Azul; 6 – Pombinha; 7 – Clementino e Copacel 1; 8 – Nenê; 9 – Nilton Brasileiro. N = Número de medidas. Para dados estruturais e litologias vê legenda da Fig. 3.

apresentaram fusão do gelo em temperaturas positivas caracterizando metaestabilidade e por este motivo não foram consideradas no estudo de microtermometria.

Em amostras do depósito Copacel 1, horizonte inferior, as inclusões aquosas bifásicas (Tipo II) apresentaram homogeneização total sempre na fase líquida entre 130 a 230 °C, predominando entre 220 a 230 °C (Fig. 7B). A fusão do gelo varia de –8 a 0 °C, com pico no intervalo de –6 a –4 (Fig. 7C), enquanto que a salinidade varia de 0 a 10 (% em peso de NaCl eq.) com frequência maior entre 7 e 8% (Fig. 7D).

Já as inclusões aquo-carbônicas trifásicas (Tipo III) apresentaram homogeneização total sempre dentro da fase líquida entre 230 a 250 °C predominando entre 230 a 240 °C (Fig. 7E). A fusão do clatrato varia de 5 a 9 °C, com pico no intervalo de 7 a 9 (Fig. 7F). A Salinidade varia de 0 a 9 (% em peso NaCl eq.) com frequência maior entre 3 e 4% (Fig. 7G).

A partir dos dados obtidos no estudo das inclusões pode-se observar que os fluidos mineralizantes são aquosos e aquo-carbônicos. Apresentam baixa salinidade, caracterizando fluidos metamórficos. A temperatura da fusão do CO₂ nas inclusões aquo-carbônicas ficou entre –61.2 e –56.6 °C, sugerindo a presença de outros voláteis com a fase carbônica.

Análise por microsonda eletrônica de grãos de pirita e ouro dos depósitos Jair/Lavrinha, Pombinha e Ernesto Inferior mostrou que a pirita contém traços de As, Sb, Cu, Ni, e Co e Se superior a 3600 ppm. O ouro é muito puro (92 a 97%) contendo de 3 a 7% de Ag, Cu e Bi e como traços, Te, Sb, Fe e As (Geraldes et al. 1997).

Os fluidos mineralizantes foram canalizados pela Zona de Cisalhamento Morro Solteiro e suas subsidiárias. Estudo de inclusões fluidas em 14 amostras de veios de quartzo dos três horizontes

Figura 6 – (A) Clivagem espaçada nos metarenitos e clivagem de crenulação nos metapelitos do depósito do Nosde – Horizonte Superior. (B) Detalhe da clivagem de crenulação apresentado em A.

mineralizados possibilitou o reconhecimento, segundo a metodologia de Shepherd *et al.* (1985), de três conjuntos de inclusões denominadas Tipo I – trifásicas aquo-carbônicas, Tipo II – bifásicas aquosas e Tipo III – monofásicas aquosas, as quais estão distribuídas em dois sistemas teóricos: H_2O+CO_2+NaCl (Tipo I) e $H_2O+NaCl$ (Tipo II e Tipo III) (Fig. 7A). Às inclusões monofásicas apresentaram fusão do gelo em temperaturas positivas caracterizando metaestabilidade e por este motivo não foram consideradas no estudo de microtermometria.

A temperatura de homogeneização do fluido hidrotermal, representado tanto pelas inclusões aquosas como aquo-carbônicas, ocorre entre 130 a 250 °C. Esta temperatura, bem como a salinidade e a composição das inclusões fluidas, ocorrem no intervalo dos fluidos metamórficos observados nos modelos de depósitos mesotermiais do tipo *lode-gold* (175 a 400 °C) (Phillips & Groves 1983, Phillips & Powell 1992, Groves *et al.* 1998), onde o ouro, sob o estado de oxidação Au^+ , é complexado e transportado por tiocomplexos sulfetados, tais como $Au(HS)_2^-$.

Estes dados petrográficos e geoquímicos somados às idades K-Ar (muscovitas) para a mineralização entre 964 ± 42 Ma e 918 ± 10 Ma obtidas por Gerald *et al.* (1997) na região da Lavrinha, evidenciam a circulação de fluidos no final da deformação do Grupo Aguapeí pela Orogenia Sunsás-Aguapeí dando um caráter epigenético à formação dos depósitos (Fernandes *et al.* 2001,

Barboza *et al.* 2001).

Horizontes Mineralizados Os depósitos da região da Lavrinha estão distribuídos em diferentes níveis estratigráficos na Formação Fortuna e em seu contato com o embasamento definindo três principais horizontes mineralizados (Fernandes *et al.* 2004b) (Fig. 8 e 9). Os horizontes Inferior e Intermediário ocorrem nos flancos leste e oeste da anticlinal e o Superior na zona de charneira.

Os depósitos Copacel 1 e 2, Ernesto, Nilton Brasileiro, Nenê e Clementino ocorrem no Horizonte Inferior, representado pela Zona de Cisalhamento Morro Solteiro. Os depósitos Pombinha, Ernesto Superior e Serra Azul/Cantina são hospedados no Horizonte Intermediário, formado a partir de deslizamentos intraestruturais em pacote de metaconglomerados com finas intercalações de metarenitos e metassiltitos. O Horizonte Superior ocorre em metargilitos e metassiltitos (muscovita xisto) com intercalações de metarenitos milonitizados. Neste horizonte ocorrem os depósitos do Japonês, Nosde e Jair/Lavrinha (Fig. 8). Enquanto nos horizontes inferior e intermediário o controle da mineralização é claramente estrutural, no superior ocorre também o controle litológico, por meio dos níveis pelíticos que funcionaram como barreira química para os fluidos hidrotermais mineralizantes. A figura 9 mostra o bloco diagrama esquemático da região da Lavrinha com os modelos estruturais e litológicos para os depósitos.

Figura 7 – Depósito Copacel 1 – (A) Fotomicrografia das inclusões bifásicas aquosas e trifásicas aquo-carbônicas em veios de quartzo (B, C, D, E, F e G) Histogramas de frequência dos parâmetros microtermométricos das inclusões bifásicas aquosas e aquo-carbônicas.

Figura 8 – Projeção dos horizontes mineralizados a partir de furos de sondagens na região da Lavrinha (Fernandes et al. 2004b).

HORIZONTE INFERIOR É representado pela Zona de Cisalhamento Morro Solteiro que marca o descolamento basal entre as rochas sedimentares do Grupo Aguapeí, Tonalito Lavrinha e Granito-Gnaiss Santa Helena (Figs. 10A e B). É considerado o mais promissor em termos prospectivos para a área. De uma forma geral, quase todas as ocorrências observadas na porção interna da Anticlinal do Cágado, sejam primárias ou secundárias, ocorrem sempre próximas do ou no contato entre embasamento e as rochas sedimentares da Formação Fortuna (Fig. 3).

Este horizonte está exposto desde o depósito do Nenê (N15°W/40°SW), na parte central da anticlinal, até o depósito do Ernesto no fechamento leste da estrutura (Fig. 3 e Fig. 10A e B), somando aproximadamente 3,5 km. Na parte oeste da estrutura aflora em pontos restritos e com espessura menor (Fig. 3). A continuidade em profundidade deste horizonte foi determinada através de furos de sondagens pelas empresas TVX Participações Ltda e Mineração Santa Elina em malha que inclui o depósito do Ernesto (254m) (Fig. 11) e em furo de sondagem no depósito do Nosde a uma profundidade de 380 m.

Neste horizonte, os depósitos Ernesto e Copacel 2 são os mais bem conhecidos. As rochas encaixantes são os milonitos (quartzo-muscovita xistos) gerados às expensas dos metarenitos e metaconglomerados da Formação Fortuna e do topo do Tonalito Lavrinha. Os corpos de minério ocorrem paralelos a foliação milonítica S1 com direção N40°W e mergulho de 50° para NE. A figura 11 apresenta seção longitudinal S/N elaborada a partir de dados de furos de sondagens, a qual ilustra a continuidade em profundidade deste horizonte e os diversos *ore shoots* ao longo do caimento do corpo mineralizado.

HORIZONTE INTERMEDIÁRIO Está associado a metaconglomerados e metarenitos de granulometria grossa nos depósitos Ernesto Superior (Figs. 10C e D e Fig. 11) e Pombinha, e a metaconglomerados com intercalações de metarenitos e metassiltitos no depósito Serra Azul/Cantina. É formado por deslizamentos intraestruturais desenvolvidos nos contatos destes níveis psamíticos e psefíticos. Estas zonas de deslizamentos são subsidiárias da Zona de Cisalhamento Morro Solteiro e formam canais preferenciais para a percolação dos fluidos mineralizantes. O minério é constituído por veios de quartzo, em sua maioria

Figura 9 – Bloco diagrama esquemático apresentando a relação entre a litoestratigrafia e o controle estrutural dos depósitos auríferos da região da Lavrinha.

boudinados, e por disseminações nas rochas encaixantes.

A continuidade deste horizonte em profundidade não é bem definida pelos furos de sondagens. Apesar de pouco estudado, têm-se registros obtidos em testemunhos de sondagens no depósito Pombinha de *ore shoots* de 1 m de espessura com teores de até 127,25 g/t de ouro.

No depósito Pombinha as faixas mineralizadas se encaixam em estreita estrutura sinforme com acamamento verticalizado e eixo orientado N10°W, afetando os metarenitos e metaconglomerados. Os veios de quartzo são tabulares e sigmoidais subhorizontalizados com espessura variando de 1 a 15 cm. É comum a presença de cristais de pirita de até 2 cm disseminados no halo hidrotermal. O depósito Ernesto Superior ocorre no mesmo nível estratigráfico e é muito similar em relação a mineralização. Neste depósito, os deslizamentos intraestruturais são bem mais expressivos e formam pacotes de protomilonitos a ultramilonitos com até 1,5 metro de espessura (Figs. 10C e D).

HORIZONTE SUPERIOR Este horizonte está relacionado a níveis pelíticos e psefíticos da porção de topo da Formação Fortuna intensamente deformada (muscovita xistos e quartzo-muscovita xistos). Localiza-se na zona de charneira da Anticlinal do Cágado e ocorre de forma contínua em profundidade desde o depósito do Jair/Lavrinha passando pelo depósito do Nosde até o depósito do Japonês, a uma distância de aproximadamente 1,5 km (Fig. 8). A espessura do corpo mineralizado é variável ao longo da serra e no depósito do Jair/Lavrinha chega a 50 m (Figs. 10A e 12).

As empresas TVX Participações Ltda e Mineração Santa Elina, juntamente com a empresa COPACEL, desenvolveram amplo programa de sondagem nestes depósitos no período de 1991 a 1994, comprovando a continuidade do corpo de minério em profundidade.

O depósito do Jair/Lavrinha é o mais bem conhecido neste horizonte (Fig. 12). Foi explorado por garimpeiros na década de 80/90 que chegaram a produzir até 35 kg de ouro por mês. Abriram cava de aproximadamente 400 por 100 m de extensão com até 30 m de profundidade (Fig. 10E).

Os furos de sondagens neste depósito evidenciaram a existência de três zonas mineralizadas, denominadas de A, B e C, com teores de até 12,9 g/t de ouro. O corpo de minério na Zona A

ocorre com aproximadamente 50 m de largura e se estende por 250 m para NE. A Zona B apresenta formato irregular com largura variando de 30 a 120 m. Já a Zona C possui 40 m de largura e se estende mais ou menos 200 m para NE. Na figura 12 a unidade 2 representa a zona A e a unidade 3 as zonas B e C, respectivamente. O minério neste depósito é constituído por veios de quartzo boudinados e dobrados e por disseminações de pirita e magnetita

nas rochas encaixantes. Os veios são em sua maioria subparalelos à foliação milonítica (S1) (N30-85°E/10-64°NW) e, por vezes, discordantes (N50-60°W/55-84°NE) com mergulhos mais acentuados. A foliação plano axial (S2) apresenta direção N26-55°W com mergulho na ordem de 32 a 52° para sudoeste.

Nos pacotes de quartzo-muscovita xisto e muscovita xistos são comuns a ocorrência de dobras isoclinais inversas, cujos

Figura 10 - Fotografias dos horizontes mineralizados Inferior e Intermediário. (A) Depósito do Nenê, mostrando a Zona de Cisalhamento Morro Solteiro com até 3 metros de espessura. (B) Depósito do Ernesto. Observe o contato brusco entre a Zona de Cisalhamento Morro Solteiro e o Grupo Aguapeí. (C) Depósito Ernesto Superior mostrando pacote de milonitos com até 1,5 m de espessura. Ao fundo Depósito Serra Azul. (D) Detalhe de C onde pode-se observar piritas com até 1,5cm. No topo ocorre nível de conglomerado com aproximadamente 2 metros que representa camada guia em toda a Anticlinal do Cágado. (E) Depósito do Jair/Lavrinha mostrando contato entre espesso pacote de mica xisto com metaconglomerados e metarenitos. (F) Depósito do Nosde. Dobra isoclinal com veios preenchendo estrutura do tipo saddle reef.

Figura 11 – Seção longitudinal N/S ao longo da linha E-70 da malha de sondagem executado na região dos depósitos Ernesto e Copacel 2.

Figura 12 – Seção geológica esquemática do depósito do Jair/Lavrinha – Horizonte Superior

planos axiais apresentam direção segundo N5-15°E e eixo com caimento na ordem de 20-25° para sudoeste. Alguns veios apresentam-se dobrados juntamente com a foliação milonítica.

CONCLUSÕES A estruturação das rochas na região da Lavrinha demonstra vergência bem definida de SW para NE das rochas metassedimentares do Grupo Aguapeí (Figs. 2, 4 e 5). O sentido de transporte difere daquele descrito de NE para SW por Menezes *et al.* (1993), Gerales *et al.* (1997) e Gerales *et al.* (2001) para a área. A vergência SW para NE é confirmada por Fernandes *et al.* (2004a) em análise estrutural da Faixa Móvel Aguapeí ao longo dos 200 km de sua ocorrência na porção sudoeste de Mato Grosso.

As mineralizações auríferas no Grupo Aguapeí ocorrem diretamente associadas a fluidos hidrotermais metamórficos aquosos e aquo-carbônicos com elevada razão H_2O/CO_2 , baixa salinidade e alta atividade de enxofre. Foram gerados provavelmente pela devolatilização das pilhas de rochas máficas e ultramáficas da Sequência Vulcanossedimentar Rio Alegre durante a orogénia Sunsás-Aguapeí. Na região da Lavrinha estes fluidos hidrotermais percolaram inicialmente através da Zona de Cisalhamento Morro

Solteiro e, posteriormente pelas suas diversas subsidiárias. O forte controle estrutural das mineralizações auríferas é confirmado pela distribuição dos depósitos ao longo dos três diferentes horizontes descritos.

O Horizonte Inferior aflora ao longo de quase todo fechamento interno da Anticlinal do Cágado marcado pela Zona de Cisalhamento Morro Solteiro e, por apresentar continuidade regular em profundidade, é considerado o mais promissor em termos prospectivos para a área.

O afloramento do Horizonte Intermediário ocorre em porções restritas (depósito Ernesto Superior, Pombinha e Serra Azul/Cantina) e a continuidade em profundidade não é bem definida pelos furos de sondagens. Isso se dá por tratar de deslizamentos intraestruturais que não apresentam uniformidade ao longo da anticlinal.

O Horizonte Superior é bem marcado pelo pacote de metarenitos, metargilitos e metassiltitos, por vezes, bastante milonitizados, que ocorre no topo da sequência estratigráfica. Aflora nos depósitos do Japonês, Nosde e Jair/Lavrinha, interligados em profundidade, como demonstram os furos de sondagens ao longo da serra.

No minério, constituído por sistemas de veios e disseminações do ouro nas encaixantes, as alterações hidrotermais mais comuns são a sericitização, silicificação venular, oxidação e sulfetação. A paragenese dos minerais de minério é constituída por pirita, magnetita, hematita, ilmenita e calcopirita. A presença de *boxworks* de pirita somada a ocorrência de hematita associada à magnetita e leucocênio demonstram o intemperismo dos sulfetos e óxidos. Desta forma, as disseminações de ouro nativo junto aos minerais hidrotermalizados indicam o enriquecimento secundário deste metal nos depósitos da região da Lavrinha. Este processo de enriquecimento supergênico é comum nos depósitos associados ao Grupo Aguapeí.

Apesar de se ter valores cubados na ordem de 20 toneladas, a descrição e análises em testemunho de sondagens demonstram que os corpos de minério são irregulares e com teores aleatórios, o que dificulta a exploração em grande escala dos depósitos.

Agradecimentos Os autores gostariam de agradecer às empresas Mineração COPACEL Ltda (*in memoriam* – senhora Nelma Baungratz Riedi) e GEOMIN – Geologia e Mineração Ltda. (na pessoa do Geólogo MSc. Álvaro Pizzato Quadros) bem como ao

senhor Jair José Bonavigo, por terem disponibilizado dados de sondagens da região da Lavrinha. Gostaríamos de agradecer

também aos dois revisores anônimos da RBG que muito contribuíram para clareza deste trabalho.

Referências

- Alvarenga C.J.S. & Saes G.S. 1992. Estratigrafia e sedimentologia do Proterozóico Médio e Superior da região audeste do Cráton Amazônico. *Rev. Bras. Geociências*, 22:493-499.
- Arehart G.B. 1996. Characteristics and origem of sediment-hosted disseminated gold deposits: a review. *Ore Geology Review*, 11:383-403.
- Barboza E.S., Pulz G.M., Ronchi L.H., Jelinek A.R., Pinho F.E., Quadros A.P. 2001. Estágios de Mineralização no Depósito Aurífero Pau-a-Pique, Grupo Aguapeí, Sudoeste do Estado de Mato Grosso, Brasil Central – Evidências de Química Mineral e Inclusões Fluidas. *Rev. Pesquisas*, 28(1):65-80.
- Fernandes C.J., Barboza E.S., Pulz G.M., Kuyumjian R.M., Ruiz A.S., Pinho F.E.C. 2001. Gold deposits in the Aguapeí Group metasediments, MT-Brazil, and the characteristics of differentiation from the classic gold deposits hosted by conglomerates. In: Workshop Geology of the SW Amazonian Craton: State-of-the Art, São Paulo, *Resumos Expandidos*, 145-149.
- Fernandes C.J., Ruiz A.S., Pinho F.E.C., Kuyumjian R.M. 2004a. Compartimentação da deformação na Faixa Móvel Aguapeí, sudoeste do Cráton Amazônico – Brasil, e as mineralizações auríferas associadas. *Rev. Bras. de Geociências* – no prelo.
- Fernandes C.J., Kuyumjian R.M., Pulz G.M., Pinho F.E.C. 2004b. Os depósitos auríferos do Grupo Aguapeí, Estado de Mato Grosso-Brasil, e as características que os diferenciam dos modelos clássicos de ouro em conglomerados. *Revista Pesquisas – no prelo*.
- Geraldes M.C., Figueiredo B.R., Tassinari C.C.G., Ebert H.D. 1997. Middle Proterozoic vein-hosted gold deposits in the Pontes e Lacerda region, southwestern Amazonian Craton, Brasil – *International Geology Review*, 39:438-448.
- Geraldes M.C. 2000. *Geoquímica e Geocronologia do Plutonismo Granítico Mesoproterozóico do SW do Estado de Mato Grosso (SW do Cráton Amazônico)*. Inst. de Geociências. Universidade de São Paulo, São Paulo, Tese de Doutorado, 193 p.
- Geraldes M.C., Van Schmus W.R., Condrie K.C., Bell S., Teixeira W., Babinski M. 2001. Proterozoic geologic evolution of the SW part of the Amazonian Craton in Mato Grosso state, Brazil. *Precambrian Research*, 111: 91-128.
- Groves D.I., Goldfarb R.J., Gebre-Mariam M., Hagemann S.G., Robert F. 1998. Orogenic gold deposits: A proposed classification in the context of their crustal distribution and relationship to other gold deposit types. *Ore Geology Reviews*, 13: 7-27.
- Hodgson C.J. 1989. The structure of the shear related vein-type gold deposits: a review. *Ore Geology Reviews*, 4:231-373.
- Litherland M. & Bloomfield K. 1981. The Proterozoic History of Eastern Bolivia. *Precambrian Research*, Amsterdam, 2:157-179.
- Litherland M., Annels R.N., Darbishire D.P.F., Fletcher C.J.N., Appleton J.D., Berrangé J.P., Bloofield K., Burton C.C.J., Hawkin M.P., Klinck B.A., Llanos A., Mitchell W.I., O'connor E. A., Pitfield P.E.J., Power G., Webb B.C. 1986. The geology and mineral resources of the Bolivian Precambrian Shield. London: British Geological Survey (Natural Environment Research Council). 153 p.
- Litherland M., Annels R.N., Darbishire D.P.F., Fletcher C.J.N., Hawkin M.P., Klinck B., Mitchell W.I., O'connor E. A., Pitfield P. E. J., Power G., Webb B.C. 1989. The Proterozoic of Eastern Bolivia and its Relationship to the Andean Mobile Belt. *Precambrian Research*, 43: 157-174.
- Litherland M. & Power G. 1989. The geology and geomorphology evolution of Serrania Huanchaca, eastern Bolivia: the legendary "lost World". *Journal South American Earth Science*, 2: 1-17.
- Matos J.B., Schorscher J.H.D., Geraldes M.C., Souza M.Z.A., Ruiz A.S. 2004. Petrografia, Geoquímica e Geocronologia das Rochas do Orógeno Rio Alegre, Mato Grosso: Um Registro de Crosta Oceânica Mesoproterozóica no SW do Cráton Amazônico. *Geol. USP Ser. Cient.* 4: 75-90.
- Menezes R.G., Silva P.C.S., Silva L.C., Takzhshi A.T., Lopes Jr. I., Bezzerra J.R.L. 1993. *Pontes e Lacerda – Folha SD-21-Y-C-II. Programa de Levantamento Geológico Básico do Brasil*. DNPM/CPRM, Brasília, 131 p.
- Phillips G.N. & Groves D.I. 1983. The nature of Archaean gold-bearing fluids as deduced from gold deposits of western Australia. *Journal of the Geological Society of Australia*, 30: 25-39.
- Phillips G.N. & Powell R. 1992. Gold-only provinces and their common features. *Contribution of the Economic Geology Research Unit n° 43*, 27 p.
- Ruiz A. S., Fernandes C.J., Pinho F.E. 2001. Compartimentação da Deformação na Faixa Móvel Aguapeí e as Mineralizações Auríferas Associadas. In: Workshop Geology of the SW Amazonian Craton: State-of-the-Art, São Paulo, *Resumos Expandidos*, 120-124.
- Saes G.S. & Leite J.A.D. 1993. Evolução Tecton-Sedimentar do Grupo Aguapeí, Proterozóico Médio na Porção Meridional do Cráton Amazônico: Mato Grosso e Oriente Boliviano. *Rev. Bras. Geociências*, 23:31-37.
- Saes G.S. 1999. *Evolução Tectônica e Paleogeográfica do Aulacógeno Aguapeí (1.2-1.0 Ga) e dos Terrenos do seu Embasamento na Porção sul do Cráton Amazônico*. Inst. de Geociências. Universidade de São Paulo, Tese de Doutorado, 135p.
- Scabora J.A. & Duarte C.L. 1998. A Jazida de Ouro de São Vicente – Município de Nova Lacerda – MT. *A Terra em Revista*, 4:32-42.
- Shepherd T., Rankin A.H., Alderton D.H.M. 1985. *A Practical Guide to Fluid Inclusion Studies*. 1 ed. New York, Blackie & Son Ltd, 229p.
- Silva A. L. & Santos A. A. 2001. *Caracterização Litoestrutural dos Depósitos Auríferos da Zona de Cisalhamento Morro Solteiro – Região da Lavrinha – Pontes e Lacerda – MT*. Instituto de Ciências Exatas e da Terra, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, Trabalho de conclusão de Curso-TCC, 89 p.
- Souza E.P. & Hildred P.R. 1980. Contribuição ao Estudo da Geologia do Grupo Aguapeí, Oeste de Mato Grosso. In: SBG, Congr. Bras. Geol., 31, Balneário de Camboriú, Anais 2: 813-825.
- Tassinari C.C.G. & Macambira M.J.B. 1999. Geochronological Provinces of the Amazonian Craton. *Episodes*, 22(3):174-182.

Manuscript A 1397

Received on 19 December 2002

Revised by authors on 15 November 2004

Revised accepted on 25 November 2004