

**COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS
DIRETORIA DE GEOLOGIA E RECURSOS MINERAIS
DEPARTAMENTO DE RECURSOS MINERAIS
DIVISÃO DE GEOLOGIA ECONÔMICA**

**Análise estrutural preliminar das unidades aflorantes na região de Jacareacanga, Província
Aurífera do Tapajós, sudoeste do estado do Pará**

Felipe Mattos Tavares

Coordenador Executivo de Tectônica e Fluidos

Rio de Janeiro, 13 de outubro de 2015

INTRODUÇÃO

Este relatório trata da visita técnica à área de estudos do projeto ARIM-Tapajós, ocorrida entre os dias 22-06-2015 e 03-07-2015. Tem como principal objetivo a descrição preliminar do arcabouço estrutural das associações de embasamento da Província Mineral do Tapajós (“domínio orogênico”), aflorantes na região de Jacareacanga (PA), assim como de outras unidades mais novas (Fig. 1), a fim de se contribuir para o entendimento do controle tectônico regional das suas mineralizações auríferas.

Foi possível descrever 15 afloramentos relevantes divididos entre o Complexo Cuiú-Cuiú, o Grupo Jacareacanga e o Granito Creporizão (“domínio orogênico”), incluindo dois garimpos de ouro, Ouro Roxo (inativo) e Pimenteiras (ativo). Também foram visitados seis afloramentos de unidades mais novas, divididos entre o Granito Parauari, o Gabro Ingarana e a Formação Buiçu.

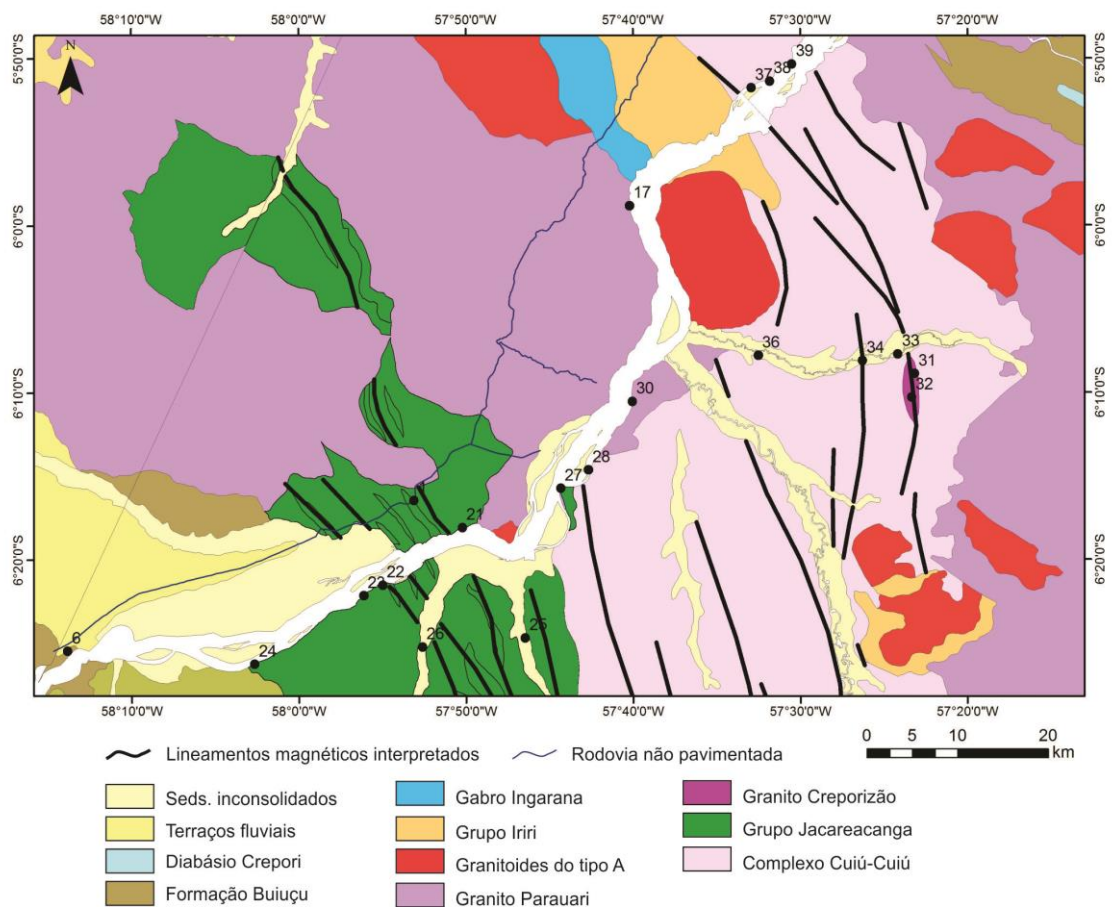


Figura 1: Mapa geológico da área de estudo, destacando os pontos visitados e estruturas dúcteis preliminarmente interpretadas da aeromagnetometria (Modificado de CPRM, 2008; traços estruturais extraídos da primeira derivada vertical do campo magnético total, CPRM, 2011).

DESCRIÇÃO DAS ESTRUTURAS

Complexo Cuiú-Cuiú

Cinco afloramentos atribuídos ao Complexo Cuiú-Cuiú foram visitados, ao longo dos rios Tocantins e Pacu (FH-033; FH-034; FH-036; FH-037; FH-038). Observou-se em todos um granitoide magnético, desde fino até grosso (Fig. 2), com um leve bandamento composicional marcado por diferenças de granulometria e textura, cortado por frequentes corpos aplíticos / pegmatoides de composição semelhante ao próprio granitoide, entendidos como sin-magmáticos. No ponto FH-036 descreveu-se ainda enclaves angulosos centimétricos a decimétricos de composição tonalítica. Não foram observadas quaisquer evidências que indiquem caráter gnáissico para as rochas descritas, tampouco evidências de migmatitos. Pelo contrário, os granitoides aparentemente não sofreram tectonismo e/ou metamorfismo expressivos.

Em todos os afloramentos, observou-se uma proeminente foliação magmática, marcada pela orientação preferencial de cristais de feldspato e por trilhas descontínuas de biotita, que acompanham o bandamento magmático. Esta foliação é eventualmente rompida pelos corpos aplíticos-pegmatíticos e por zonas de cisalhamento sin-magmáticas. Apenas dois afloramentos apresentam uma clara foliação tectônica (Fig. 3), de rumo NNE-SSW e sub-vertical no ponto FH-033, bem como NNW-SSE e de mergulho íngreme para leste no ponto FH-038, entendida em ambos os casos como tardi-magmática, por ser igualmente rompida por parte dos veios sin-magmáticos.

Ao longo do rio Pacu, as foliações magmáticas possuem rumo N-S e são subparalelas à foliação tectônica do ponto FH-033. Entretanto, o mesmo não foi observado nos demais afloramentos da unidade, mais distantes, onde o rumo da foliação magmática é E-W a NW-SE, com mergulho íngreme para N.

Raras estruturas rúpteis foram descritas na unidade. No ponto FH-036, ocorre um sistema de veios de quartzo escalonados, na direção E-W e mergulhando íngreme para N, sugerindo movimento transtensivo destal para sua abertura.



Figura 2: Textura fanerítica com raros megacristais idiomórficos de feldspato em afloramento do Complexo Cuiú-Cuiú (ponto FH-036).



Figura 3: Foliação tectônica fraca, marcada por trilhas de biotita, em afloramento do Complexo Cuiú-Cuiú (ponto FH-038)

Grupo Jacareacanga

Foram visitados oito afloramentos do Grupo Jacareacanga (FH-001; FH-021; FH-022; FH-023; FH-024; FH-025; FH-026; FH-027). Apesar do grande espaçamento entre os pontos, se observou uma trama estrutural repetitiva e consistente, podendo ser considerada como representativa para a porção oriental da unidade.

Quatro famílias de estruturas foram descritas, sendo duas de caráter dúctil, uma de caráter dúctil-rúptil e uma francamente rúptil. A mais antiga (D_n) é representada por uma clivagem contínua (S_n), ardosiana, marcada essencialmente por minerais micáceos orientados e subparalela ao bandamento composicional dos litotipos afetados (Fig. 4). S_n apresenta, em média, rumo N-S a NNW-SSE e mergulho íngreme a sub-vertical, ora para leste, ora para oeste (Fig. 5a). No afloramento FH-021 (aldeia Sai-Cinza), observou-se uma fraca e pouco penetrativa lineação mineral (L_n), em planos S_n , com caimento íngreme para SSE (150/70).

Contido no S_n , ocorrem veios lentiformes de quartzo e, localmente, de quartzo e feldspato, por vezes apresentando halos milimétricos ricos em magnetita e biotita. São deformados, apresentando localmente deflexão da foliação S_n ao seu redor, indicando caráter pré a S_n para sua colocação (Fig. 6, 7). Também são frequentemente retrabalhados por D_{n+1} .

A foliação S_n se apresenta amplamente retrabalhada por uma clivagem de crenulação (S_{n+1}), representativa de uma segunda família de estruturas dúcteis (D_{n+1}). É definida por planos de dissolução ao longo dos flancos de microdobras assimétricas, abertas a apertadas, com repetitivas assimetrias em Z (Fig. 4, 6, 7, 8, 9). Seu rumo médio também é na direção N-S a NNW-SSE, com mergulhos íngremes tanto para leste quanto para oeste, apresentando planos oblíquos a subparalelos a S_n (Fig. 5a). Os eixos das crenulações têm rumo médio N-S e caimento suave a moderado, ora para N, ora para S (Fig. 5b). A assimetria em Z em conjunto com o padrão de eixos sugere vergência média de topo para leste, refletindo encurtamento (σ_1) na direção E-W. No afloramento FH-023, S_{n+1} já se apresenta convertida em uma foliação espaçada, de transposição, com rumo NW-SE e mergulho íngreme para NE (056/74), onde S_n é observado apenas como dobras intrafoliares de caráter reliquiar, com eixo sub-vertical (091/70).

No afloramento FH-027, observou-se um sistema de veios aplíticos-pegmatíticos descontínuos, com segmentos lentiformes subparalelos a S_{n+1} , ao mesmo tempo rompendo os planos desta foliação e apresentando leve deflexão da mesma, sugerindo caráter tardi-tectônico em relação a D_{n+1} para sua colocação (Fig. 10, 11). Apresentam suas bordas deformadas, com movimento aparente dextral marcado pela geometria das lentes descontínuas que marcam o sistema de veios. No restante do afloramento, veios de quartzo subparalelos também ora rompem, ora acompanham S_{n+1} .

D_{n+2} , de caráter rúptil-dúctil, gerou apenas um padrão espaçado de alinhamentos de dobras tipo *kink folds*, com planos axiais subverticais no rumo E-W a ENE-WSW e eixos íngremes, caindo para SSE, a subverticais. Todas as observadas apresentam assimetria em S, possivelmente refletindo componente cisalhante de movimento sinistral, a partir de encurtamento na direção NE-SW.

A última família de estruturas, de caráter rúptil, é mais restrita na unidade, sendo observada apenas em dois afloramentos (FH-022; FH-027). Trata-se de fraturas ortogonais a S_n e a S_{n+1} , por vezes preenchidas por veios de quartzo ou material de composição granítica, de rumo N-S.



Figura 4: Foliação S_n , paralela ao bandamento composicional, dobrada por D_{n+1} , em afloramento de biotita-quartzito do Grupo Jacareacanga (Aldeia Sai-Cinza, ponto FH-021)

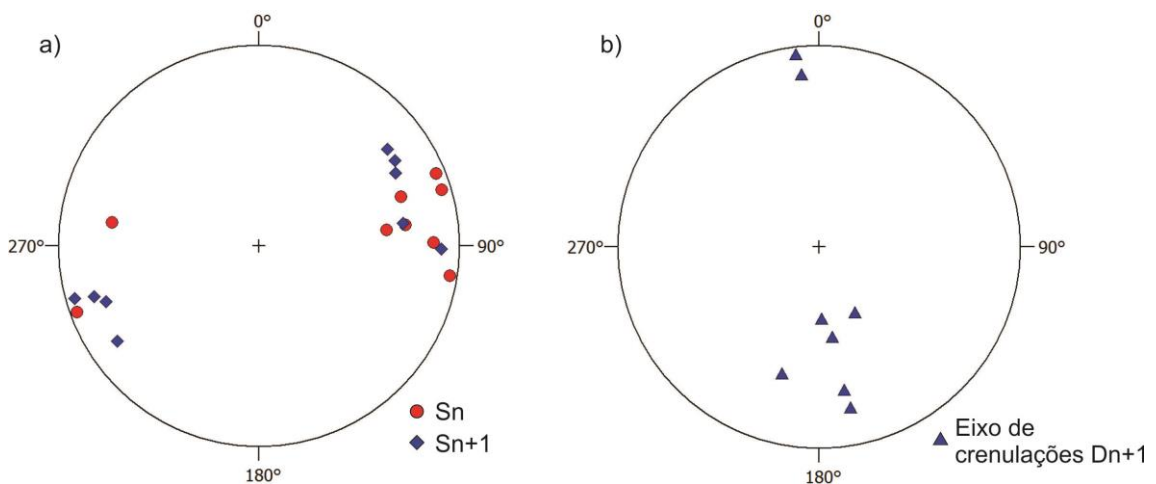


Figura 5: Estereograma mostrando medidas coletadas no Grupo Jacareacanga: a) polos das medidas de S_n e S_{n+1} (nota-se o grande paralelismo entre ambas as estruturas); b) medidas de eixos de crenulações D_{n+1} .

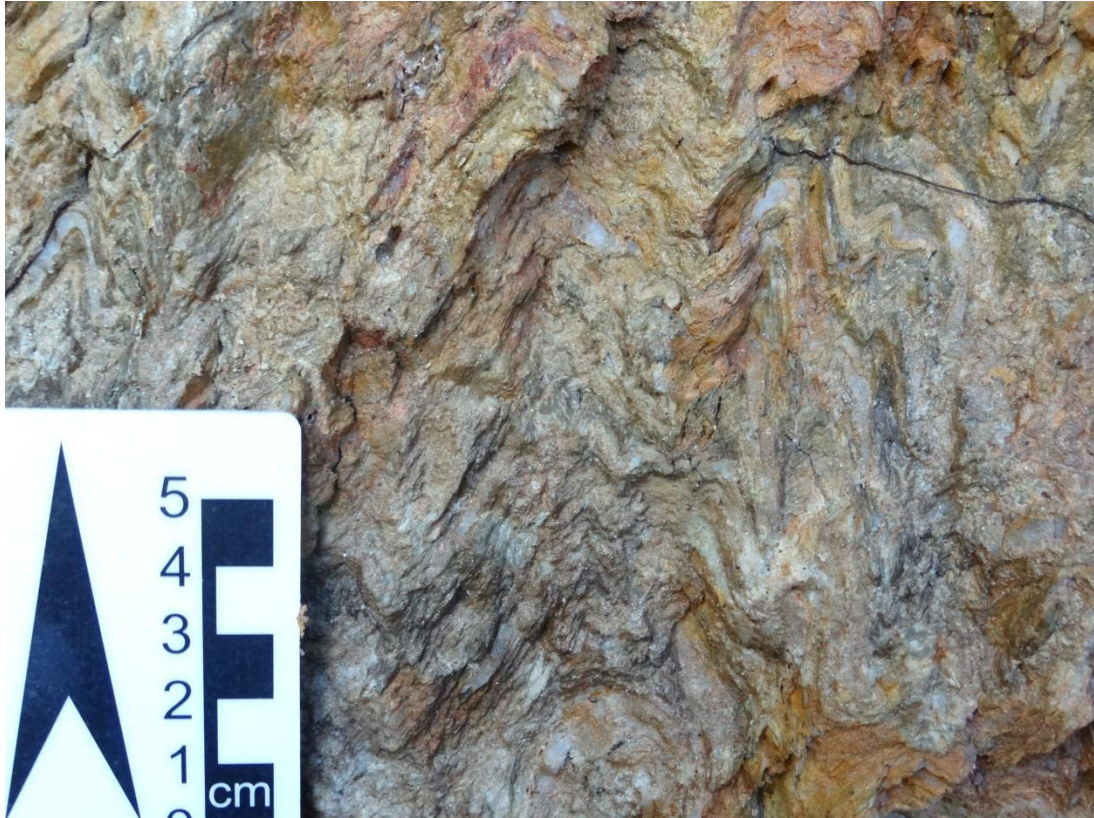


Figura 6: Quartzo-xisto com clivagem ardósiana S_n , crenulada por D_{n+1} . Notam-se veios de quartzo paralelos a S_n , igualmente crenulados por D_{n+1} (Ponto FH-025)



Figura 7: Relação de retrabalhamento de S_n por S_{n+1} , em afloramento de biotita-quartzito do grupo Jacareacanga, com veios de quartzo pré a S_n igualmente crenulados (Aldeia Sai-Cinza, ponto FH-021)



Figura 8: Foliação S_n , rica em veios pré a sin-D_n , crenulada por D_{n+1} (ponto FH-027)

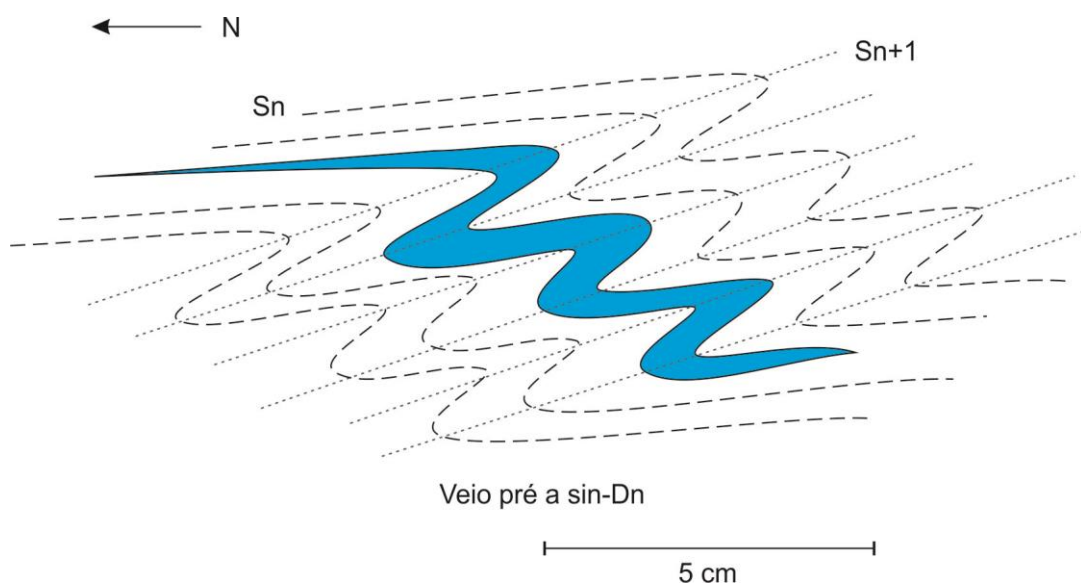


Figura 9: Diagrama esquemático mostrando a relação de corte e superposição observada em afloramento, entre veio pré a sin-D_n , S_n e S_{n+1}



Figura 10: Veio tardi-D_{n+1}, com preenchimento aplítico-pegmatítico, de composição granítica. Nota-se que o veio rompe a foliação S_{n+1}, ao mesmo tempo que causa deflexão da foliação S_{n+1} ao seu redor (ponto FH-027)

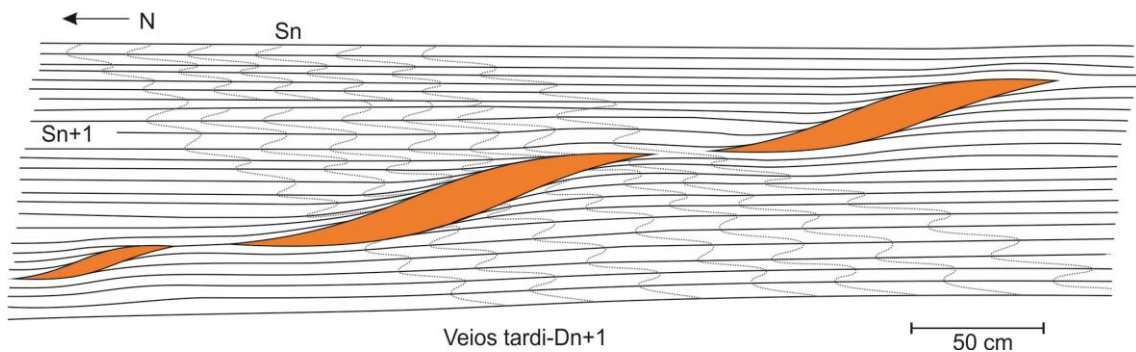


Figura 11: Diagrama esquemático mostrando a relação de corte e superposição observada em afloramento, entre S_n, S_{n+1} e veio tardi-D_{n+1}

Granito Creporizão (garimpos Ouro Roxo e Pimenteiras)

Esta unidade foi observada na região dos garimpos Ouro Roxo (ponto FH-031) e Pimenteiras (ponto FH-032). Os litotipos descritos são granitoides deformados e gnaissificados, apresentando uma xistosidade contínua a levemente anastomosada, marcada essencialmente pela orientação de biotitas e de feldspatos deformados / amendoados (tipo *augen*). Em ambos os afloramentos, as medidas da foliação possuem rumo médio N-S a NNE-SSW e mergulho íngreme para leste (Fig. 12) (Ouro Roxo: 095/88; 105/80; Pimenteiras: 089/85; 114/70).

Não foi possível estabelecer em campo a cinemática da deformação dúctil que gerou a foliação, prejudicando a espacialização do vetor de encurtamento máximo (σ_1). É possível afirmar, entretanto, que o mesmo se encontra em posição sub-horizontal, ortogonal a oblíquo em relação à foliação principal, podendo variar amplamente, desde NE-SW, passando por E-W até NW-SE.

No Garimpo Pimenteiras, foram observadas zonas de falhas associadas a cataclasitos, que segmentam a foliação principal (Fig. 13). Apresentam o mesmo rumo N-S, porém mergulham moderadamente para leste (080/40; 115/40). Não foi possível estabelecer a cinemática destas estruturas. Veios de quartzo associado a um material escuro, friável e oxidado (provável representante de óxidos e/ou sulfetos intemperizados), auríferos, são subparalelos às zonas de falha (Fig. 14) (105/35; 110/40; 100/38). Na frente de lavra do Garimpo Ouro Roxo, também foram observados veios de quartzo na direção N-S, porém mais íngremes e subparalelos à xistosidade do granitoide.

No Garimpo Ouro Roxo, foram descritos de forma qualitativa alguns trechos de furos de sondagem disponíveis para observação. O granitoide apresenta-se gnaissificado (Fig. 15), contendo localmente bandas esverdeadas de biotitito interdigitadas com níveis ricos em *augens* de feldspato (Fig. 16), o que sugere uma fase de alteração hidrotermal pré a sin-tectônica em relação à foliação principal (biotitização – possível alteração potássica). Feixes de falhas associadas a cataclasitos cortam a foliação principal (Fig. 17), assim como observado no Garimpo Pimenteiras, com veios laminados de quartzo e epidoto associados aos planos de falhas (Fig. 18). Também foi observado o avermelhamento de cristais de feldspato (provável hematitização), disseminado, porém mais expressivo nas proximidades das zonas cataclásticas, sugerindo sua relação com estas.

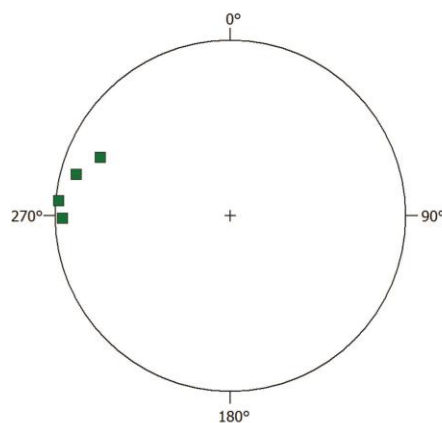


Figura 12: Estereograma mostrando polos das medidas da foliação tectônica do Granito Creporizão



Figura 13: Cataclasito em zona de falhas cortando o Granito Creporizão (Garimpo Pimenteiras, ponto FH-032)

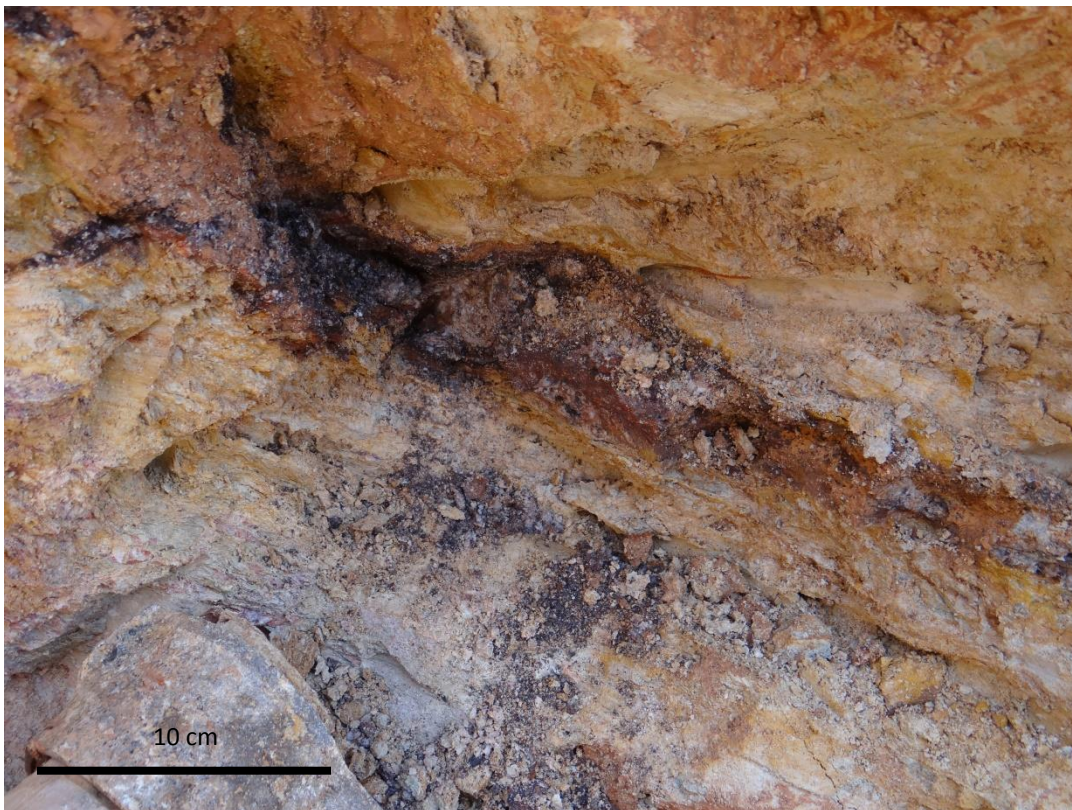


Figura 14: Veio de quartzo mineralizado em ouro, subparalelo à foliação principal do Granito Creporizão. Os cristais de quartzo ocorrem em conjunto com material escuro já oxidado (provável sulfeto e/ou óxido) (Garimpo Pimenteiras, ponto FH-032)



Figura 15: detalhe da foliação tectônica observada no Granito Creporizão (Garimpo Ouro Roxo, testemunho de sondagem, ponto FH-031; foto de Leda Fraga)

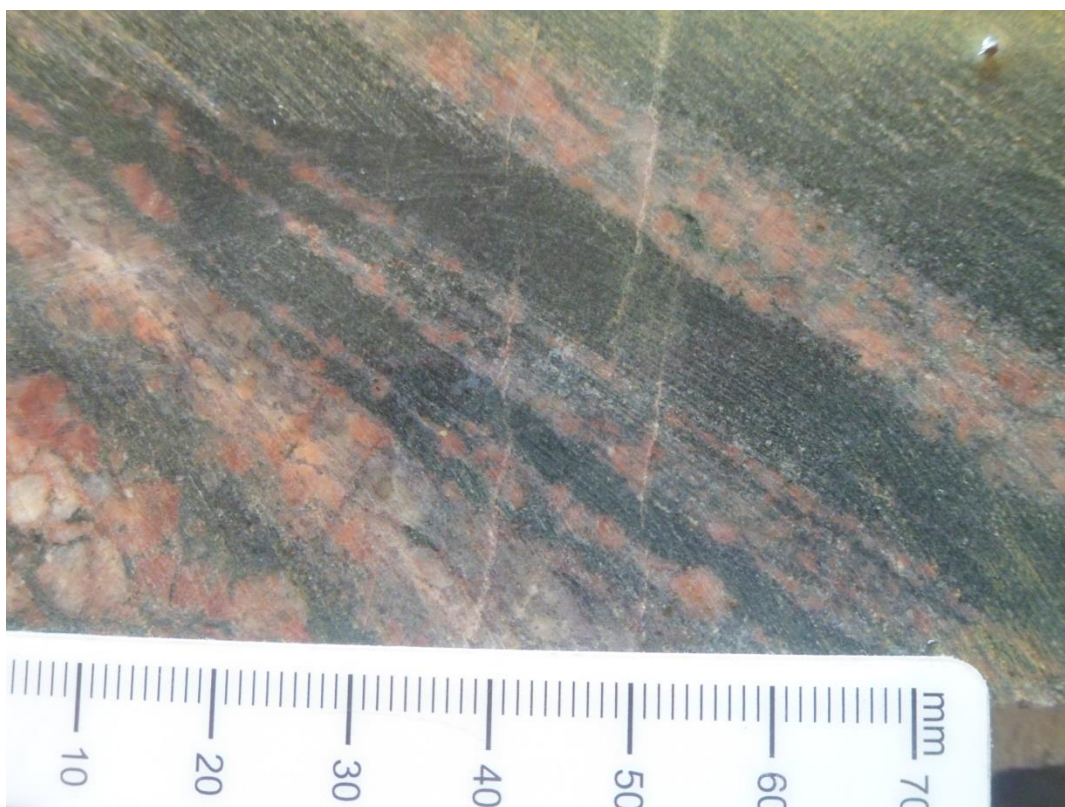


Figura 16: Bandas de biotitito de provável origem hidrotermal, interdigitadas com bandas graníticas (Garimpo Ouro Roxo, testemunho de sondagem, ponto FH-031; foto de Leda Fraga)

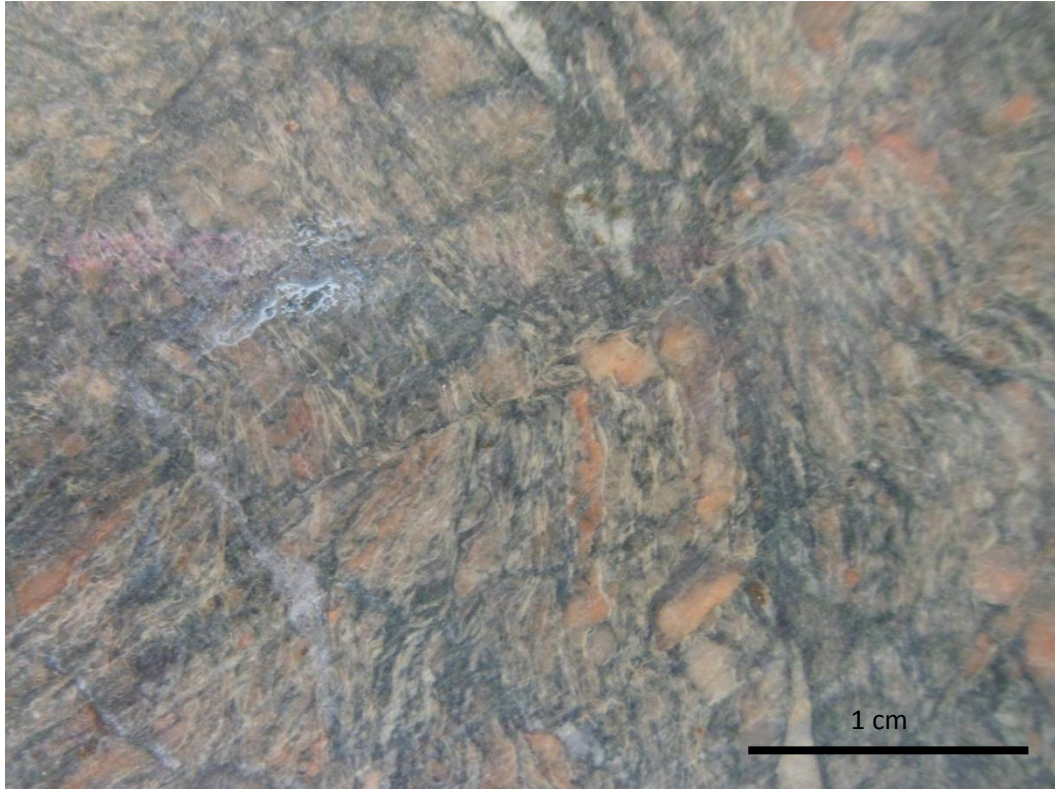


Figura 17: Aspecto cataclástico ao longo de zona de falha cortando o Granito Creporizão (Garimpo Ouro Roxo, testemunho de sondagem, ponto FH-031; foto de Leda Fraga)

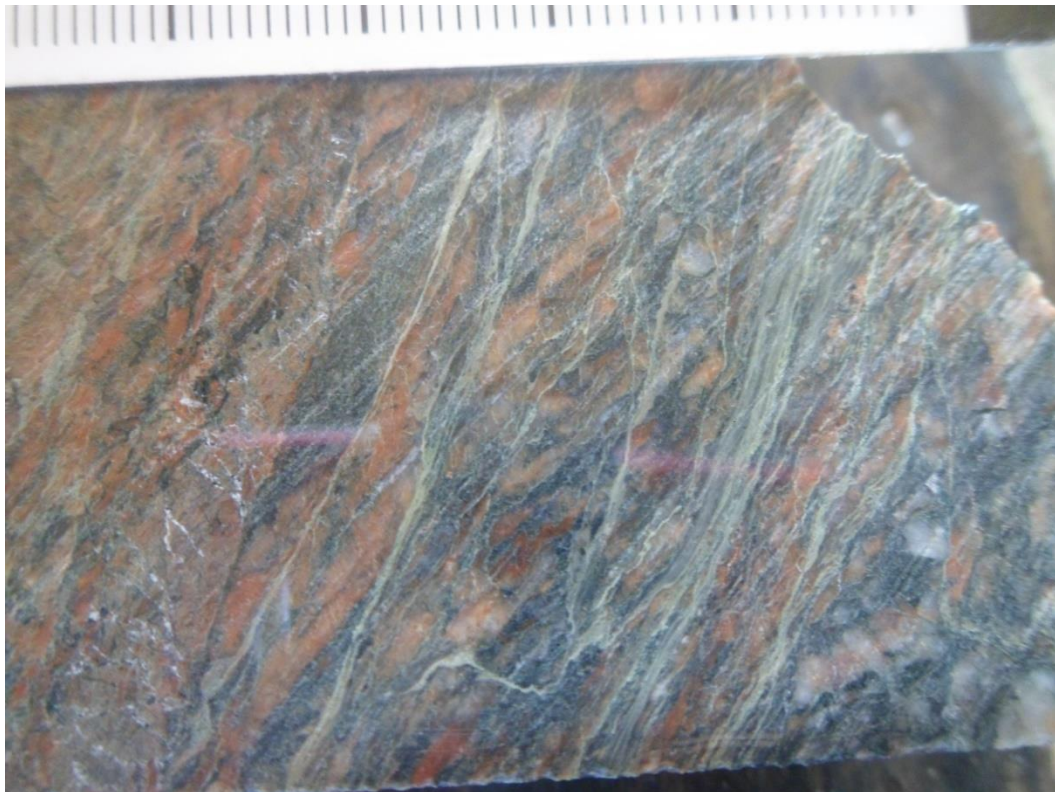


Figura 18: Veios de quartzo+epidoto subparalelos a zona de falha cortando o Granito Creporizão (Garimpo Ouro Roxo, testemunho de sondagem, ponto FH-031; foto de Leda Fraga)

Suíte Parauarí

Três afloramentos da unidade foram visitados (FH-017; FH-028; FH-030). Trata-se de monzo a sienogranitos magnéticos, com textura inequigranular e uma fraca foliação magmática, marcada pela orientação preferencial de cristais de feldspato e de aglomerados de minerais máficos.

Apenas o ponto FH-028 apresenta padrões de fraturamento significativos. Observou-se fraturas subverticais em X, nas direções NW-SE (predominante) e NNE-SSW. Ambas as direções são discretas e possuem preenchimentos semelhantes de epidoto e clorita. As fraturas possuem halos de alteração milimétricos a centimétricos, marcados pelo tingimento avermelhado de cristais de plagioclásio, provavelmente denotando a um leve e pouco penetrativo processo de hematitização. A presença do mesmo preenchimento mineral em ambas as direções de fraturas sugere caráter cogenético para as mesmas, entretanto não foi possível observar relações de corte entre as fraturas neste afloramento.

Uma fratura de direção NNE-SSW e mergulho íngreme (60°) para SE possui estrias de falha sub-horizontais (211/07), marcadas por sulcos nos minerais hidrotermais, sugerindo movimento transcorrente. Entretanto, não foi possível mensurar o sentido de movimento, o que prejudica a interpretação do posicionamento dos vetores de encurtamento máximo para o afloramento.

Gabro Ingarana

Apenas um afloramento desta unidade foi visitado (FH-039). Trata-se de um gabro fino esverdeado, com minerais máficos (piroxênios) de até 7 mm, sem orientação preferencial aparente. O afloramento é cortado por fraturas espaçadas muito íngremes a verticais (mergulho variando entre 75° e 90°) nas direções NE-SW e WNW-ESE (dominante), com geometria em X, preenchidas por quartzo e/ou epidoto. A cor esverdeada da rocha sugere epidotização disseminada dos cristais de plagioclásio, provavelmente correlacionada ao preenchimento das fraturas.

O fato de ambas as direções de fraturas possuírem preenchimentos minerais semelhantes sugere que ambas são coevas, entretanto não foi possível observar claramente a relação de corte entre as mesmas neste afloramento. A geometria em X das fraturas, com alto ângulo de mergulho, sugere vetor de encurtamento (σ_1) vertical, típico de ambientes extensionais.

Formação Buiuçu

Somente dois afloramentos da Formação Buiuçu foram visitados, onde se observou estruturas de caráter rúptil, em especial no ponto FH-006. Trata-se de um litotipo arenoso, cortado por uma densa rede de veios de quartzo orientados em duas direções preferenciais, E-W e NE-SW, esta última mais frequente. As venulações formam, na escala do afloramento, um

padrão com geometria em X. Aparentemente, ambas as direções se intercortam, indicando serem cogenéticas.

Os veios são desde submilimétricos até centimétricos, com mergulho muito íngreme a vertical. Os veios mais espessos (aprox. 10cm) se encontram na direção principal NE-SW. São preenchidos por quartzo e eventualmente por hematita / goethita. Por vezes, observaram-se texturas de crescimento sintaxial de cristais de quartzo, tipo dente-de-cão. Também foi observado nos veios principais textura brechoide em quebra-cabeça, com fragmentos da rocha encaixante e de quartzo de veio em uma matriz sílico-ferruginosa, rica em hematita / goethita. A rocha encaixante apresenta textura sacaroidal, indicando estar recristalizada e possivelmente silicificada.

Dois elementos indicam que a trama de estruturas possui caráter extensional: 1) o mergulho sub-vertical de veios cogenéticos, orientados em direções preferenciais distintas e com geometria em X, sugere vetor de encurtamento máximo (σ_1) na posição vertical; 2) A existência de texturas de crescimento sintaxial dos minerais que compõem os veios, bem como a textura de brecha em quebra-cabeça, indica a abertura de espaço ortogonal à parede dos veios durante o crescimento dos mesmos (Fig. 19).

A alta densidade de veios e seu crescimento em redes orientadas sugere que o ponto visitado está muito próximo a uma zona de falhas de caráter extensional, de orientação NE-SW. A presença de textura sacaroidal na rocha encaixante, bem como o grande volume de quartzo e de sílica ferruginosa preenchendo as redes de venulações, indica que ao menos parte do material pode ter origem hidrotermal (epizonal e relativamente quente), entretanto esta observação não é conclusiva, visto que a rocha encaixante também é silicosa e o preenchimento também pode ter origem, ao menos em parte, local.



Figura 19: Veio de quartzo com crescimento sintaxial e textura em quebra-cabeça, cortando afloramento de arenito da Formação Buiuçu (ponto FH-006)

DISCUSSÃO

Os dados coletados durante a visita permitiram diversas reflexões relevantes acerca da evolução tectônica da área de estudo, que serão discutidas a seguir.

Há dois grandes conjuntos de estruturas afetando as unidades expostas na região de Jacareacanga, aquelas de caráter dúctil a dúctil rúptil, resultantes de compressão / transpressão, exclusivas aos litotipos mais antigos (Complexo Cuiú-Cuiú, Grupo Jacareacanga, Granito Creporizão) e as de caráter rúptil, extensionais, afetando todas as unidades estudadas, indiscriminadamente. Esta clara relação de corte já separa os dois grandes grupos no tempo de forma significativa, por ao menos 100 milhões de anos, considerando as idades absolutas das unidades afetadas.

Dentre as estruturas dúcteis, as mais antigas estão registradas nos afloramentos do Complexo Cuiú-Cuiú, onde se observou uma foliação tectônica incipiente, descrita como tardi-magmática e em parte paralela ao bandamento ígneo da unidade, sugerindo que o corpo já estava submetido a um campo de tensões compressivo / transpressivo ao final da sua cristalização.

As duas famílias de estruturas dúcteis observadas no Grupo Jacareacanga podem ser progressivas entre si, visto que D_n e D_{n+1} possuem tramas subparalelas e provavelmente compartilham o mesmo vetor de encurtamento máximo σ_1 , na posição E-W. As estruturas D_{n+2} podem representar, nesse contexto, rotação tardia anti-horária de σ_1 para a posição NW-SE.

Há certo paralelismo com relação às estruturas observadas no Grupo Jacareacanga e no Granito Creporizão. Notou-se no último uma forte foliação tectônica de rumo N-S cortada por zonas de falhas subparalelas, igualmente de rumo N-S, sugerindo a mesma relação de progressividade da deformação observada no Grupo Jacareacanga. Estas relações sugerem que as estruturas de ambas as unidades devem ser coevas, envolvidas em um mesmo processo tectônico regional.

Em diversos afloramentos, foram descritos veios sin a tardi-tectônicos em relação à deformação principal. A origem de tais veios é controversa. As observações de campo aqui apresentadas sugerem que podem possuir correlação com processos magmáticos síncronos à deformação regional, podendo ser em parte de caráter magmático-hidrotermal, considerando os seguintes pontos:

- 1) A paragênese mineral é basicamente quartzo-feldspática, eventualmente contendo sulfetos, como no garimpo Pimenteiras, e epidoto, como no garimpo Ouro Roxo, bem como halos ricos em biotita, hematita e magnetita;
- 2) Também foram reconhecidos veios aplíticos-pegmatíticos, em parte contemporâneos aos veios quartzo-feldspáticos;

Com relação às estruturas rúpteis, foi possível reconhecer regionalmente um padrão de fraturas em X, nas posições médias NW-SE e NE-SW, afetando todas as unidades estudadas (Fig. 20). Os sistemas de veios são extensionais e compartilham vetor σ_1 na posição vertical, apresentando preenchimentos hidrotermais semelhantes, ricos em epidoto e quartzo, o que corrobora a interpretação aqui admitida de que possuem correlação com um mesmo processo extensivo regional.

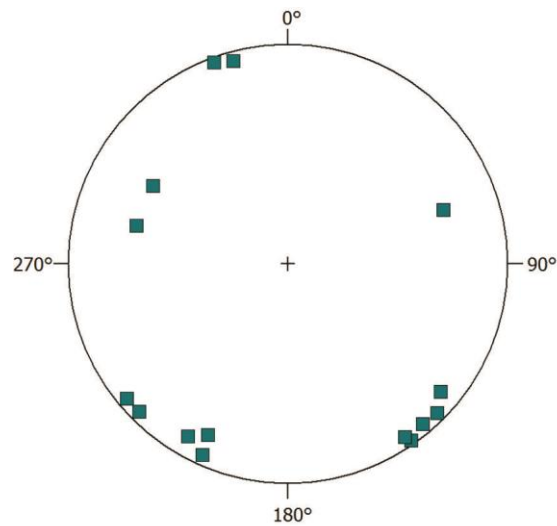


Figura 20: estereograma mostrando polos das medidas de fraturas que afetam o conjunto das unidades estudadas. Notar duas concentrações de medidas, em posições subverticais, nas direções médias NE-SW e NW-SE.

CONSIDERAÇÕES FINAIS E RECOMENDAÇÕES

O estudo estrutural apresentado neste relatório, bem como a descrição das associações hidrotermais observadas na região de Jacareacanga, tem caráter preliminar e orientativo. Estudos semelhantes devem ser realizados em outras regiões abordadas no projeto, em especial nas zonas mineralizadas, a fim de expandir o entendimento das tramas tectônicas e validar ou não as observações aqui propostas.

A correlação das tramas observadas em campo com a interpretação estrutural de imagens de aerogeofísica, especialmente de aeromagnetometria, é de grande importância. Nesse sentido, recomenda-se a revisão da interpretação estrutural regional e sua adequação à escala do projeto, preferencialmente antes das próximas visitas de campo. Recomenda-se fortemente a realização de tal tarefa em equipe, envolvendo simultaneamente geólogos e geofísicos, o que qualifica significativamente a interpretação.

Datar as diferentes fases de deformação do Grupo Jacareacanga pode permitir uma melhor compreensão sobre a evolução do período orogênico da região da Província Tapajós. A existência de corpos granitoides sin-tectônicos em relação a estes eventos abre uma janela de oportunidade para tal, como observado no afloramento FH-027.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CPRM, 2008. Geologia e Recursos Minerais do Estado do Pará: Sistema de Informações Geográficas – SIG: Mapas Geológico e Tectônico e de Recursos Minerais do Estado do Pará. Organizadores: M.L Vasquez, L.T. Rosa-Costa. Escala 1:1.000.000. Belém: CPRM – Serviço Geológico do Brasil.
- CPRM, 2011. Projeto Aerogeofísico Província Aurífera do Tapajós. Relatório Final (mapas aeromagnetométricos e aerogamaespectrométricos). Divisão de Geofísica, Departamento de Geologia, CPRM – Serviço Geológico do Brasil.