



Evidências de hidrotermalismo na Formação Corumbataí, na região de Rio Claro (SP)

A.Zanardo, C.D. Roveri, M.N.S. Costa & M.M.T. Moreno

Departamento de Petrologia e Metalogenia – IGCE/UNESP Rio Claro, Avenida 24A, 1515 – Bairro Bela Vista, Rio Claro, SP, 13506-900, azanardo@rc.unesp.br, cdroveri@rc.unesp.br, marco.geo@terra.com.br, mtmoreno@rc.unesp.br.

Abstract The intense activity of ceramic raw material extraction, in the Rio Claro region (SP-Brazil), in function of the presence of the biggest ceramic pole region of Americas, comes displaying of excellent form the different lithotypes that constitute the stratigraphic column of the Corumbataí Formation, stratigraphic unit of Permian age of the Paraná basin. This formation is constituted by rhythmic strata intercalations of siltstones of millimetric to decametric thicknesses, marked by different colors and textures. Strata consisting eminently of phyllosilicates (illites, chlorites and interstratified), minerals to granulate (autigens alkaline feldspars, detritics carbonates, quartz and feldspars) and varied materials types appear to granulate and phyllosilicates. For all the column lines and lodes appear veins mono the polyminerals, however these are more common and reach the biggest thicknesses in the inferior portion of the column, where phyllosilicates and the terms richest in compositional and textural homogeneity predominate. The lodes present tabular, pygmic, irregular forms, veins, breach, submillimetric thicknesses the decimetric and are constituted by carbonate (calcite and dolomite), green (illite, chlorite and interstratified) quartz, phyllosilicates, being able to still occur: analcime, barite, pyrite, anhydrite and anatase. The textural aspects and mineral assembly indicate that the lodes had been deposited from hydrothermal solution reducing, in conditions of temperature reduction and the breccias structure indicates hydraulic fracturing caused by the basic intrusives heat. The calcite association + interstratified chlorite-smectite indicates temperature of the order of 80 and 120°C, whereas the presence of hydraulic fracturing, considering a minimum depth of 400 meters, suggests that the temperatures can have reached values of the order of 250-300°C.

Palavras-chave: mineralogia, Formação Corumbataí.

Keywords: mineralogy, Corumbataí Formation.

INTRODUÇÃO A Formação Corumbataí é uma unidade litoestratigráfica da Bacia do Paraná, de idade permiana (Almeida 1964), que aflora na porção nordeste dessa entidade, ao norte do rio Tietê sem adentrar o estado de Minas Gerais, ficando restrita ao estado de São Paulo. Ela recobre em concordância a Formação Iratí e é superposta pelas formações Pirambóia e Rio Claro, com as quais exibe discordância erosiva. Essas unidades, excetuando a Formação Rio Claro e coberturas mais recentes, foram intrudidas, no Cretáceo, por grande quantidade de magma básico, que se colocou de forma concordante e discordante. O mapa geológico simplificado da região é observado na Fig. 1.

CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO Na região de Rio Claro a intensa atividade de mineração que se instalou nessa formação, para o abastecimento de matéria-prima cerâmica, para o Pólo Cerâmico de Santa Gertrudes (SP), que é o maior das Américas (IPT 2002), vem expondo de forma magnífica os elementos necessários para o seu entendimento. A maioria das frentes de lavras expõe as porções basais a intermediárias dessa unidade,

sendo poucas as cavas, de grande porte, que exibem os níveis superiores, porém no conjunto apresenta a coluna estratigráfica quase que completa. O presente texto resulta de observações detalhadas em frentes de lavras e afloramentos da região, de estudos microscópicos e análises de difração de raios X direcionada pelos estudos ópticos.

RESULTADOS E DISCUSSÕES: CARACTERIZAÇÃO DOS LITOTIPOS DAS MINAS Coluna estratigráfica Uma rápida observação nas frentes de lavras das minas que expõem a base da Formação Corumbataí é suficiente para notar diferenças marcantes, em especial, quanto à coloração e textura. Na coluna como um todo se constata a falta de continuidade e variação de espessura dos estratos, que poderiam, por suas particularidades, ser tomados como horizontes guias. Alguns podem ser detectados em várias minas separadas por dezenas de quilômetros, porém não aparecem em outras que expõem a mesma porção da coluna estratigráfica.

Mapa Geológico da Região de Rio Claro

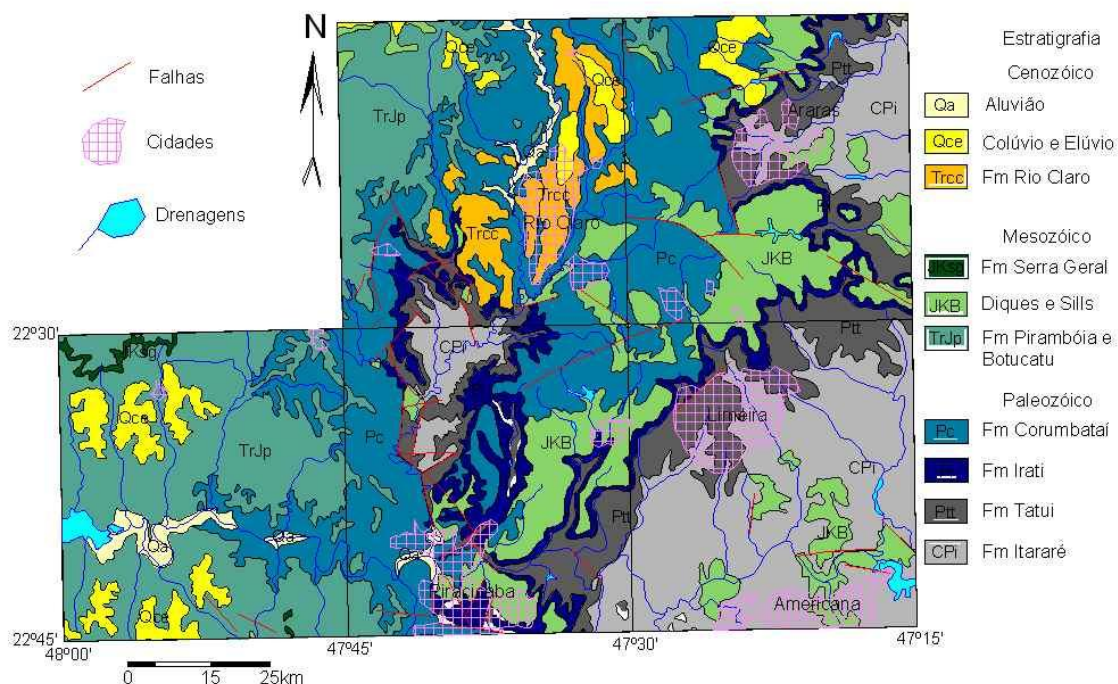


Figura 1: Mapa geológico simplificado da região de estudo (IPT 2002)

De modo geral, sobre um nível rítmico de siltito, de espessura da ordem de um metro, que marca a transição com a Formação Irati, aparece um pacote de siltito de espessura métrica, estrutura maciça, com descontinuidades pouco destacadas ou bandamento pouco nítido, que normalmente apresenta cor cinza esverdeada. Sobre esse aparece um estrato decamétrico de textura mais fina, eminentemente illítico, mais homogeneidade, de cor primária cinza esverdeada, que adquire durante a diagênese cor chocolate, marrom arroxeado ou avermelhado. Esse pacote no topo apresenta um enriquecimento de material granular, adquirindo estrutura variegada a laminada.

Para o topo da coluna sucedem-se de forma rítmica estratos, com espessuras milimétricas a métricas, esporadicamente decamétricas, constituídos predominantemente por filossilicatos (illita, clorita e interestratificados), por minerais granulares (feldspatos alcalinos autógenos, carbonatos, quartzo e feldspatos detríticos) e por teores variados de materiais granulares e filossilicáticos. Intercalados com esses materiais, por toda a coluna, observa-se lâminas descontínuas e lentes de espessura milimétrica a centimétrica de *bone bed*. No topo da coluna aparecem estratos centimétricos a métricos de calcários, margas e coquinas. As rochas mais argilosas mostram coloração avermelhada, excetuando o nível basal que, frequentemente, exibe cor cinza

esverdeado, enquanto os níveis mais siltosos e granulares tendem a apresentar cores mais claras, de marrom avermelhado a creme e, às vezes, esverdeados.

Os níveis inferiores são menos laminados e/ou bandados e mais ricos em filossilicatos, enquanto que nos níveis intermediários e superiores o bandamento e/ou a laminação são uma constante e o teor de minerais granulares (carbonato, albita e, às vezes, analcima) é significativamente maior, assim como a presença de microestratificações cruzadas e de gretas de contração.

De modo geral, observa-se um nítido aumento da espessura e quantidade dos níveis mais granulares (siltico-arenosos) para o topo da seqüência, que é acompanhado pelo aumento do teor de carbonatos, sob a forma de cimento ou vênulas e veios. Além da marcante estratificação paralela e laminação presente nessa unidade, pode ser observadas, marcas de ondas ou estratificação cruzada de pequeno porte truncadas por ondas (*hummocky*) nos leitos mais arenosos, estrutura flaser e para o topo da seqüência gretas de contração (*mud cracks*).

Vênulas e veios Vênulas e filetes de calcita podem ser observados por toda a coluna, apresentando espessuras submilimétricas a centimétricas, porém os veios e vênulas poliminerálicas concentram-se nas porções basais a intermediárias da coluna, segmento

com maior riqueza de filossilicatos. Da porção intermediária para o topo é mais comum a presença dos “diques” e “sills clásticos”.

Os veios chegam a ultrapassar 30 centímetros de espessura e apresentam formas tabulares a tortuosas (tipo pitgmático), com ou sem espessuras variáveis, contendo ou não ramificações irregulares e anastomosadas (Fig. 2).



Figura 2. Detalhe de venulações constituídas basicamente por quartzo e carbonato em siltito illítico, situado a cerca de 15 metros da base (Mina Cruzeiro – Limeira – SP)

No plano, iniciam em um determinado extrato ou entre estratos e, normalmente, terminam em um nível de textura granular (siltito), sendo que na mina Granusso, alguns deles terminam em um leito de espessura variando entre 10 e 30 centímetros, composto basicamente por albita e carbonato (siderita, dolomita/ankerita e calcita). As estruturas de brecha (Fig. 3) são bastante comuns nos veios de maior espessura, aparecendo fragmentos angulosos da encaixante, com evidências de movimentação mínima ou significativa, emersos em material de preenchimento. Também são observadas estruturas: laminada/bandada, fibrosas, maciça e zonada.

Ao longo dos veios, filetes e vênulas observam-se feições de redução nas encaixantes, caracterizada pela mudança da coloração avermelhada para verde claro, cinza esverdeado a creme. O halo formado é bastante irregular se expandindo nos estratos mais granulares (mais porosos) e estreitando-se nos mais ricos em filossilicatos, ressaltando o bandamento da seqüência, uma vez que alguns estratos siltosos apresentam redução por dezenas de metros. A diferença entre o material original e o reduzido está no crescimento dos cristais de hematita e/ou formação de magnetita e a remoção dos minúsculos cristais de hematita e/ou goethita, ocorrendo uma pequena diminuição no teor de ferro no material reduzido e, às vezes também o aumento do teor de carbonato e/ou albita e

aparecimento de “máculas” de quartzo microporoso. Em algumas minas a estruturação ressaltada pela redução é cortada por filetes/bandas, normalmente tabulares, de cor vermelha que possuem no centro uma descontinuidade (fratura). Outro aspecto que merece ser ressaltado é que a redução, gerando cores esverdeadas, também é gerada pela alteração supérgena.



Figura 3. Amostra de veio com estrutura brechada. (Mina Cruzeiro – Limeira – SP)

Os filetes mais finos e tardios são preenchidos apenas por calcita e os mais espessos são poliminerálicos, contendo como fases principais o quartzo e a calcita. O quartzo aparece sob duas formas: uma de aspecto sujo (turvo), com índice de refração menor, aparentemente, em função de grande quantidade de microporos preenchidos por fluido aquoso com colóides não determinados; a outra exibe aspecto limpo, maciço, com índice de refração normal e inclusões sólidas (basicamente de anidrita) e fluídas (mono, bi e até mesmo trifásica). Essas duas fases exibem limites nítidos entre si, formam cristais micrométricos a submilimétricos, podendo atingir dimensões milimétricas, em especial à fase normal, e ocorrem dispostas de forma concêntrica, com a fase turva envolvendo a límpida e, principalmente, de maneira a definir laminação ou bandamento, com disposição retilínea a ondulada. A fase límpida aparenta ser posterior (Zanardo *et al* 2004).

O carbonato é representado por dolomita/ankerita e calcita (Fig. 4), onde o primeiro, normalmente, ocorre nas bordas dos veios formando cristais romboédricos, submilimétricos, às vezes, com alteração liberando óxidos/hidróxidos de ferro evidenciando tratar-se de ankerita ou siderita. A calcita ocorre cortando o quartzo, muito raramente é cortado por esse, exibe textura sacaroidal e dimensões micrométricas a milimétrica, podendo atingir até mais de 1 centímetro.

Filossilicatos de cor verde claro a escuro (Fig. 5) constituem uma fase comum, nos veios mais espessos, em íntima associação com calcita.

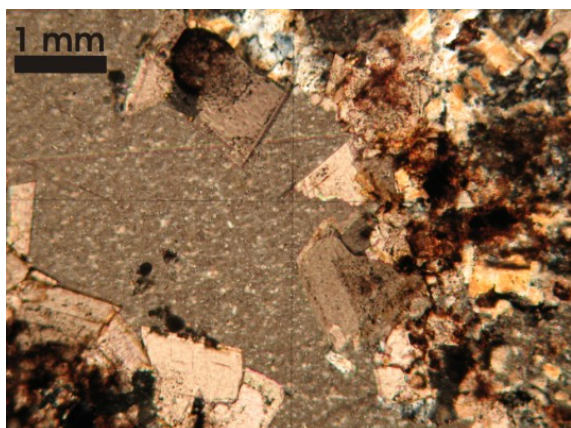


Figura 4. Fotomicrografia de veio zonado preenchido por calcita bem cristalizada na parte central da foto (na foto, apenas um cristal). Na lateral, observam-se cristais eudrais de dolomita, com quartzo anedral e óxidos/hidróxidos anedral de ferro. Nicóis cruzados

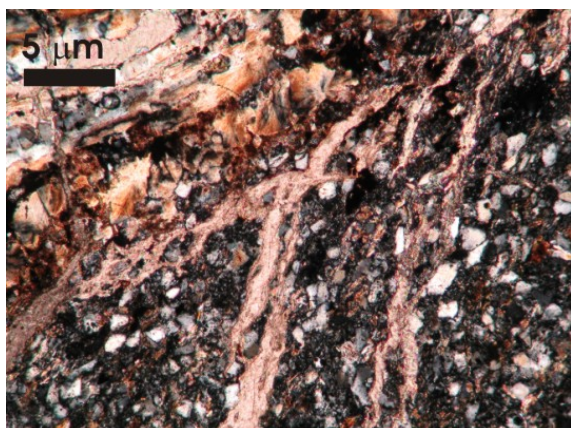


Figura 5. Fotomicrografia de veio preenchido por quartzo, calcita e albite ao lado de banda rica em quartzo. Observam-se agregados de filossilicato marrom esverdeado, que pode tratar-se de esmectita. Nicóis cruzados

Microscopicamente exibem dimensões micrométricas (palhetas com 1 a 25µm de comprimento), leve pleocroísmo e birrefringência moderada e a difração de raios X, evidencia tratar-se de interestratificado clorita/esmectita e clorita-illita (Zanardo 2003).

Completando a mineralogia dos filetes ou veios aparecem cristais micrométricos, euédricos a subeuédricos (tabulares) de albite (Fig. 6), normalmente, com geminação de Carlsbad mal desenvolvida emersos em carbonatos; pirita euédrica a anétrica; magnetita/hematita; goethita (normalmente por alteração supérgena); anidrita (Fig. 7), talco (Fig. 8) e serpentina detectados por difração de Raios X e

microscopia na Formação Irati, em diversos locais, bem afastados dos corpos de diabásio, como nas minas Cruzeiro e Sartori.

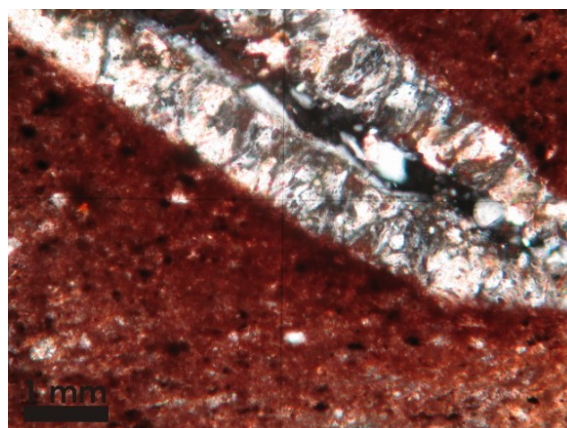


Figura 6. Fotomicrografia de siltito illítico rico em hematita microcristalina com cavidade com cristais de albite neoformada crescida perpendicularmente às paredes. Nicóis cruzados

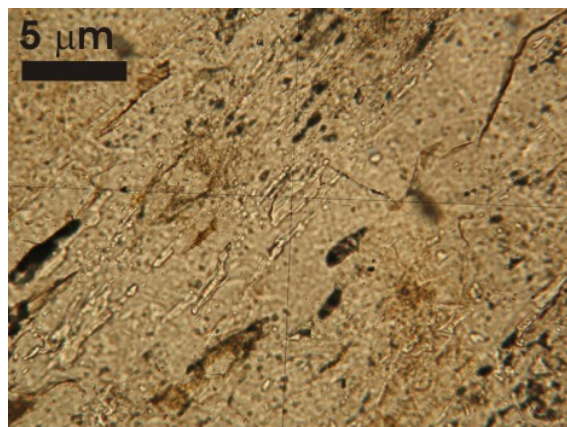


Figura 7. Fotomicrografia de veio preenchido por quartzo, contendo inclusões de anidrita. Nicóis paralelos

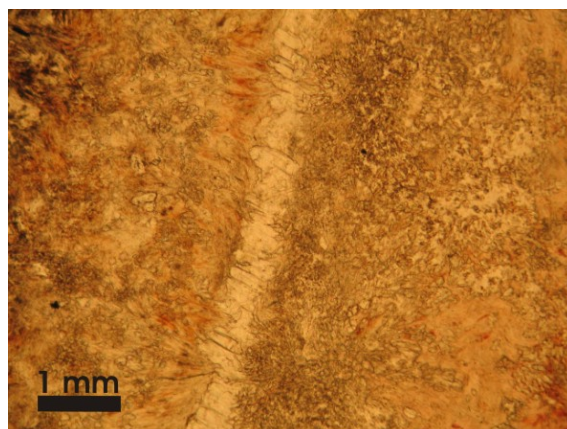


Figura 8. Talco crescido na borda de veio de calcita e disseminado pela no calcário dolomítico do topo da Formação Irati, próximo ao contato com a Formação Corumbataí. Nicóis paralelos

Mais raramente aparece barita (Fig. 9) e zeólitas (analcima, clinoptilolita, stellerita e mordenita).

Em um filete discordante, de espessura submilimétrica, no estrato basal que exibem cor cinza

esverdeado, observou a associação calcita-anatásio, onde esse último forma cristais micrométricos (normalmente menores que 10µm) (Fig. 10).

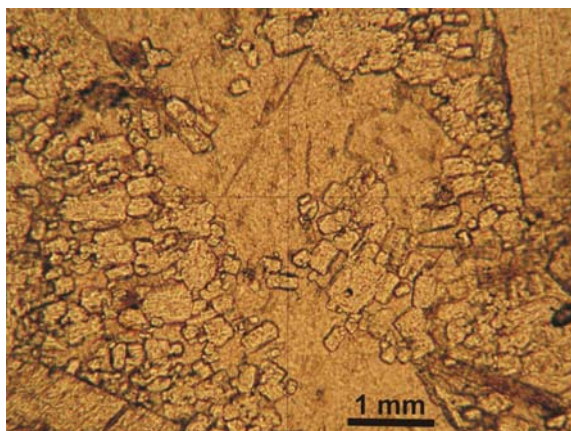


Figura 9. Fotomicrografia mostrando material de preenchimento de veio representado por carbonato, cristais euedrais a subedrais de barita e albita (cristal tabular no canto inferior direito). Nicóis paralelos

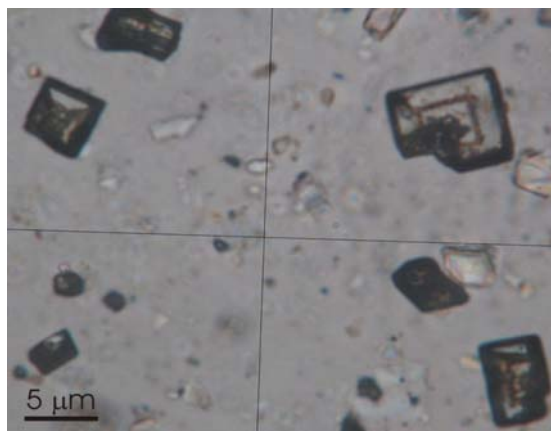


Figura 10. Fotomicrografia de resíduo de material proveniente de película carbonática, pulverizada e dissolvida em HCl, mostrando cristais de anatásio euédricos. Nicóis paralelos

COLOCAÇÕES FINAIS E CONCLUSÕES A associação mineral presente nos veios evidencia que esses foram depositados a partir de solução hidrotermal e a disposição sugere que ocorreu uma diminuição da temperatura durante o preenchimento, com a temperatura final ficando entre 80 e 120°C, com base na presença dos filossilicatos interestratificados e da analcima. Por outro lado, a disposição associada à estrutura brechóide, sugere que esses resultaram de brechagem hidráulica. A fonte de calor para a brechagem e hidrotermalismo, certamente foram as intrusivas básicas, que além de ter gerado metamorfismo de contato (Girardi *et al.* 1978), de espessura métrica, em alguns litotipos impermeáveis, gerou um aquecimento generalizado nas formações Iratí e Corumbataí, quando em contato com essas, fato

comum na região de Rio Claro, em função da natureza impermeável dessas.

Considerando que o nível que contém os veios com estrutura de brecha, estava recoberto por rochas sedimentares e magmáticas, perfazendo uma espessura mínima da ordem de quatrocentos metros (parte superior da Formação Corumbataí e as formações Pirambóia, Botucatu e Serra Geral), estima-se, com base em ábacos, que a temperatura mínima, atingida localmente, para causar brechagem hidráulica foi da ordem de 250°C a 300°C.

Agradecimentos Os autores agradecem ao fomento fornecido pela FAPESP, por meio dos projetos n.º 03/01123-7 e 2005/03683-5 e CNPQ, projeto GL-1C n.º 305815/2005-9.

Referências

- ALMEIDA F.F.M. 1964. *Os fundamentos geológicos do relevo paulista*. Boletim Instituto Geológico e Geográfico, São Paulo, 41, pp.: 169-263.
- GIRARDI V.A.V., MELFI A.J., AMARAL S.E. 1978. Efeitos termiais associados aos diabásios mesozóicos da Bacia do Paraná. *Boletim IG*. Instituto de Geociências, 9: 47-55.
- INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO - IPT. 2002. *Bases técnicas para o desenvolvimento da indústria mineral do pólo cerâmico de Santa Gertrudes – SP*. IPT/SCTDET (Rel. IPT 64.402). 92 p.
- ZANARDO A. 2003 *Pesquisa Geológica e de Matérias Primas Cerâmicas do Centro Nordeste do Estado de São Paulo e Vizinhanças - Sistematização Crítica da Produção Técnico – Científica*. Concurso Público para Livre Docência na Disciplina Petrologia. IGCE – UNESP / Rio Claro.
- ZANARDO A., ROVERI C.D., MORENO M.M.T., MASSON M.R., BERNARDES E.S. 2004. Petrografia da Formação Corumbataí na Região de Rio Claro - SP. 2004. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 42, Araxá. *Anais do Congresso Brasileiro de Geologia*. v. I, p. versão digital.