



## Características e gênese do betume sólido da Formação Teresina (Neopermiano, Bacia do Paraná)

André Oliveira SAWAKUCHI<sup>1</sup>, Sara Ferreira NOMURA<sup>1</sup>, Rosa Maria da Silveira BELLO<sup>1</sup>

1- Universidade de São Paulo, Instituto de Geociências. ([andreos@usp.br](mailto:andreos@usp.br); [saranomura@usp.br](mailto:saranomura@usp.br); [rosabel@usp.br](mailto:rosabel@usp.br)).

### Resumo

A Formação Teresina (Neopermiano) na borda leste da Bacia do Paraná (Taguaí, SP) apresenta níveis arenosos e fraturas (direção NW a NNW) preenchidos por betume. O betume apresenta-se como sólido compacto, de cor preta, brilho vítreo, fratura conchoidal, dureza 2-3, fluorescência (UV) ausente ou muito baixa, apesar de ocorrerem inclusões de fluorescência elevada em tons de amarelo ou azul. A difratometria de raios-X revelou tratar-se de substância amorfa. Contudo, nota-se certa organização estrutural definida por pico amplo em 25° (2θ), similar ao apresentado por antracito. O betume da Formação Teresina apresenta características similares à impsonita (pirobetume) e a shungitos (rocha carbonosa metamórfica). Ambos os materiais são gerados pela alteração termal de hidrocarbonetos líquidos. A gênese do betume da Formação Teresina pode ser atribuída à alteração hidrotermal de hidrocarbonetos líquidos durante o magmatismo Serra Geral (Eocretáceo). Isto é compatível com temperaturas de cristalização (80-130°C) obtidas por estudos de inclusões fluidas nos cristais de veios de calcita associados ao betume. Estas temperaturas corresponderiam a temperaturas mínimas para a geração do betume estudado. Processos hidrotermais podem ter influenciado significativamente a geração, migração e preservação de hidrocarbonetos na borda leste da Bacia Paraná.

**Palavras-chave:** betume sólido, hidrocarbonetos, hidrotermalismo, magmatismo, Bacia do Paraná

### Abstract

The bitumen of the Teresina Formation (Neopermian, Paraná Basin) fills NW to NNW subvertical fractures and sandy levels in outcrops from the Guapiara Structural Lineament region. The bitumen occurs as a black lustrous solid with conchoidal fracture and 2-3 hardness. Its fluorescence (UV) is absence or weak, despite some inclusions present high intensity yellow or blue fluorescence. X-ray diffractometry confirmed its amorphous character. However, a broad peak at 25° (2θ) suggests an internal organization similar to that observed in anthracite. The bitumen of the Teresina Formation has characteristics similar to that presented by impsonite (pyrobitumen) and shungite (a carbonaceous metamorphic rock). The genesis of impsonite as well as of shungite can be linked to the thermal alteration of liquid hydrocarbons. Thus, the genesis of the bitumen of the Teresina Formation can be attributed to the hydrothermal alteration of liquid hydrocarbons during the Early Cretaceous Serra Geral magmatism. This hypothesis agrees with crystallization temperatures (80-130°C) estimated through the microtermometry of fluid inclusions within calcite crystals from veins associated with the solid bitumen. This temperature range would corresponds to minimum temperatures of bitumen formation. The hydrothermal processes responsible for the bitumen formation can play an important role in the generation, migration and preservation of hydrocarbons in the eastern border of the Paraná Basin.

**Keywords:** solid bitumen, hydrocarbons, hydrothermalism, magmatism, Paraná Basin

### 1. Introdução

Ocorrências de betume líquido são comuns em acumulações superficiais de petróleo expostas à oxidação e biodegradação. Já as ocorrências de betume sólido compacto sob a forma de veios são mais raras e sua geração tem sido associada à alteração termal de hidrocarbonetos líquidos presentes em sucessões sedimentares afetadas por magmatismo (Parnell et al. 2003, Wilson 2000). Este estudo trata da caracterização de veios de betume



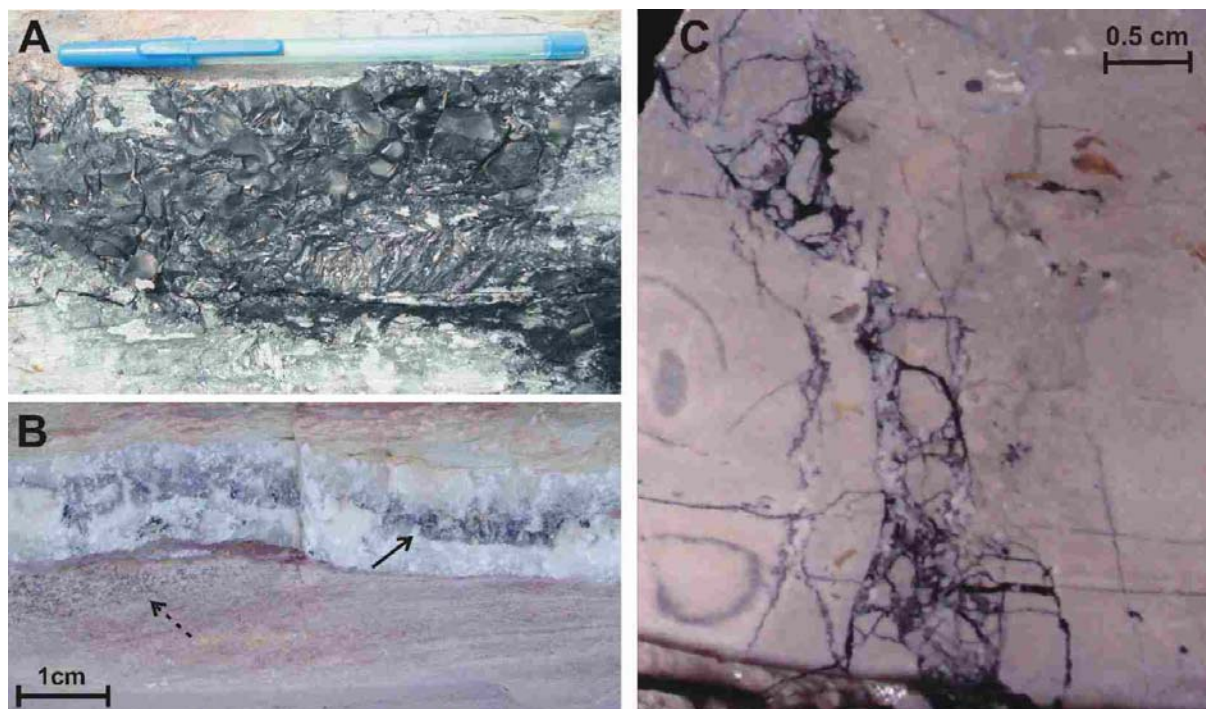
sólido identificados na Formação Teresina, borda leste da bacia do Paraná no Estado de São Paulo. A gênese dos veios de betume é discutida em termos da evolução termal da Formação Teresina na região estudada.

## 2. Material e métodos

A caracterização das amostras de betume envolveu ensaios para medição de dureza e densidade, microscopia óptica (luz branca e epifluorescência por UV), análise de estabilidade térmica em microscópio com platina aquecedora (30-600°C), microscopia eletrônica de varredura com EDS (*Energy Dispersive Spectrometry*), difratometria de raios-X e espectrometria Raman. Também foi realizada a microtermometria de inclusões fluidas de cristais de calcita associados ao betume.

## 3. Resultados

O betume ocorre em afloramento equivalente ao topo da Formação Teresina na área do lineamento estrutural de Guapiara (borda leste da Bacia do Paraná, Taguaí, SP). O betume forma veios subverticais (direção NW a NNW) em zona brechada ou preenche poros de veios carbonáticos horizontais e de porções arenosas de siltito arenoso com laminação heterolítica (Figura 1) intercalado com silexitos e calcários oolíticos e bioclásticos. O betume ocorre como sólido de cor preta, brilho vítreo, fratura conchoidal, dureza entre 2 e 3 (escala relativa de Mohs) e densidade entre 1,1 e 1,2 g/cm<sup>3</sup>.



**Figura 1** – Veios de betume sólido na Formação Teresina (A e C). Veio de calcita e nível arenoso com betume nos poros (B).



A análise petrográfica sob luz transmitida revelou que o betume preenche porosidade intercrystalina de veio de calcita e se concentra em poros maiores associados a estilólito. Na zona brechada, o betume ocorre em fraturas de espessura milimétrica que separam fragmentos milimétricos a centimétricos de siltito arenoso. A petrografia sob luz ultravioleta indicou que a maior parte do betume apresenta fluorescência ausente ou de baixa intensidade em tons de vermelho. Contudo, nota-se a presença de porções ricas em inclusões sólidas com fluorescência de alta intensidade em tons de azul ou amarelo. Ensaio de aquecimento para carbonificação indicaram escurecimento repentino em temperatura de 330-350°C e sublimação em temperaturas entre 550 e 598°C. Destaca-se que não foi observado ponto de amolecimento e fusão. Análises por EDS apontaram a presença de oxigênio e enxofre. Análises por difratometria de raios-X confirmaram tratar-se de substância amorfa. Porém, a ocorrência de pico de alta intensidade em 25° (2θ) sugere certa organização estrutural, tal como a observada em antracitos. Os espectros Raman apresentaram dois picos respectivamente em 1326-1340 e 1588-1590 cm<sup>-1</sup>. Inclusões fluidas bifásicas aquo-salinas em cristais de calcita do veio carbonático associado ao betume apresentaram temperaturas de homogeneização com modas em 80°C e 130°C.

#### 4. Discussão

O caráter opaco, a falta de fluorescência sob luz ultravioleta e os valores de densidade acima de 1,1 g/cm<sup>3</sup> sugerem que o betume identificado na Formação Teresina corresponde a imponita (Jacob 1989, Cardott 1991). Contudo, porções com fluorescência fraca em tons de marrom e inclusões com fluorescência de alta intensidade em tons de azul e amarelo podem indicar respectivamente asphaltita e ozocerita. A imponita pertence à classe dos pirobetumes, cuja geração tem sido atribuída à alteração térmica de hidrocarbonetos líquidos. O betume da Formação Teresina também apresenta características similares aos shungitos (*migrated vein-shugite*). Os shungitos/são mineralóides carbonosos descritos em rochas metavulcano-sedimentares ( fácies xisto verde) paleoproterozóicas do noroeste da Rússia (Melezhik et al. 2004). A possibilidade dos shungitos conterem fullerenos (alótropos de carbono) naturais tem atraído a atenção de diversos pesquisadores (Buseck 2002). A formação de veios de shungitos é atribuída à solidificação de hidrocarbonetos líquidos provocada por processos metamórficos e hidrotermais (Melezhik et al. 2004). Na Formação Teresina, a relação dos veios de betume com processos hidrotermais é sugerida pela sua associação com veios de calcita cristalizada em temperaturas entre 80 e 130°C. A semelhança entre a direção dos veios de betume da Formação Teresina e a direção dos diques de basalto que ocorrem na região estudada, indicaria a relação deste hidrotermalismo com o magmatismo Serra Geral



(Eocretáceo). Segundo Jacob (1989), a gênese da impsonita abrange amplo intervalo de maturidade térmica (reflectância entre 0,7 e 10%). Estes valores de reflectância corresponderiam a temperaturas mais elevadas que as temperaturas de homogeneização das inclusões fluidas estudadas, as quais indicariam temperaturas mínimas dos fluidos hidrotermais atingidas durante fase de resfriamento. Os processos hidrotermais associados ao magmatismo eocretáceo podem ter papel importante na geração e migração de hidrocarbonetos na Bacia do Paraná, pois a migração de fluidos aquosos aquecidos pode ampliar significativamente a zona de alteração térmica associada aos corpos ígneos devido ao transporte de calor por convecção.

### **Agradecimentos**

Esta pesquisa teve o apoio da FAPESP(processo:2009/52270-6).

### **Referências Bibliográficas**

- Buseck, P.R. 2002. Geological fullerenes: review and analysis. *Earth and Planetary Science Letters* 203, 781-792.
- Cardott, B.J. 1991. Organic petrology of epi-impsonite at Page, Oklahoma, U.S.A. *Organic Geochemistry* 17(2), 185-191.
- Jacob, H. 1989. Classification, structure, genesis and practical importance of natural solid bitumen (migrabitumen). *International Journal of Coal Geology* 11, 65-79
- Parnell, J., Baron, M., Mann, P., Carey, P. 2003. Oil migration and bitumen formation in a hydrothermal system, Cuba. *Journal of Geochemical Exploration* 78-79, 409-415.
- Melezhik, V.A., Filippov, M.M., Romashkin, A.E. 2004. A giant Palaeoproterozoic deposit of shungite in NW Russia: genesis and practical applications. *Ore Geology Reviews* 24, 135-154
- Wilson, N.S.F. 2000. Organic petrology, chemical composition, and reflectance of pyrobitumen from the El Soldado Cu deposit, Chile. *International Journal of Coal Geology* 43, 53-82.