

ESTUDO PETROGRÁFICO PRELIMINAR DOS TRONCOS CARBONIFICADOS DA FORMAÇÃO ITAQUAQUECETUBA, SÃO PAULO, SP

Mitsuru Arai¹

ABSTRACT

A coalified wood fragment and thin coal beds from the type locality of the Itaquaquetuba Formation (Cenozoic, São Paulo Basin) were submitted to conventional organic petrographic studies.

Under reflected light, it was possible to observe the occurrence of gelification processes in the samples that transformed the woody material into huminite (a vitrinite precursor). The huminite mean reflectance is around 0.15% Ro, which characterizes the material as peat on the rank of coal.

These observations lead to the conclusion that the beds containing the wood fragments have never been buried to depths significantly greater than that at which they are now found.

RESUMO

Um fragmento de tronco carbonificado e lâminas carbonosas procedentes da localidade-tipo da Formação Itaquaquetuba (Cenozóico, Bacia de São Paulo) foram submetidos a estudos de petrografia orgânica convencional, utilizando luz refletida e fluorescência.

Sob luz refletida, as amostras evidenciaram o processo de gelificação que transformou o material lenhoso em huminita (precursor de vitrinita), cuja reflectância média está em torno de 0,15% Ro. Tal valor permite posicioná-la na categoria de turfa na escala do grau de carbonificação.

Os fatos constatados levam a concluir que as camadas que contêm os troncos não estiveram em profundidade de soterramento significativamente maiores que as atuais.

INTRODUÇÃO

Os troncos fossilizados da Formação Itaquaquetuba têm chamado a atenção dos pesquisadores dedicados ao estudo daquela unidade litestratigráfica de idade cenozóica devido a seu singular processo de fossilização (carbonificação, associada a marcassitização e silicificação) e a seu modo de ocorrência (fósseis soltos em meio a sedimentos clásticos grosseiros). Entretanto, são poucos os trabalhos que aprofundaram a investigação destes troncos, conhecendo-se apenas os estudos de TOLENTINO (1965), que realizou análises químicas e físicas e denominou-os *linhito xilóide*; SUGUIO (1971), que efetuou a identificação genérica e datação radiométrica tentativa pelo radiocarbono; e SUGUIO & MUSSA (1978), que desenvolveram sistemática e detalhadamente várias lignoespécies.

No presente trabalho, estudaram-se troncos e sedimentos carbonosos associados sob pontos de vista petrográficos.

MATERIAL E MÉTODO

O material estudado, procedente da localidade-tipo da Formação Itaquaquetuba (Porto de Areia de Itaquaquetuba - SP), compõe-se de um fragmento de tronco carbonificado com aproximadamente 15 cm de diâmetro e 20 cm de comprimento e lâminas milimétricas argilo-carbonosas. O tronco provém de um pacote de areia conglomerática situado aproximadamente 20 m abaixo da superfície original do terreno. As lâminas argilocarbonosas foram retiradas de um leito argiloso centimétrico que contém seixos e fragmentos vegetais carbonificados e se encontra aproximadamente 8 m abaixo da superfície original.

O referido tronco aparentemente pertence à lignoespécie *Matayboxylon tietense* Suguio & Mussa 1978, conforme observações mega e microscópicas.

Estas amostras, após secagem à temperatura ambiente, foram convenientemente fragmentadas e montadas em resina poliéster

¹ Petrobrás/CENPES/DIVEX, Rio de Janeiro.

POLYLITE T-208 catalisada pelo endurecedor PEROXOL G-10, constituindo um corpo-de-prova. As seções destinadas à análise foram desbastadas com lixa nº 600 e polidas com alumina de 0,03 μm de granulometria em suspensão aquosa.

Realizou-se o estudo petrográfico através de luz refletida e fluorescência. Para a microscopia à luz refletida, utilizou-se o microscópio ZEISS do Setor de Geoquímica do Centro de Pesquisas e Desenvolvimento Leopoldo A. Miguez de Mello (CENPES) da PETROBRÁS, empregando-se luz branca incidente sob objetiva de 40 X e óleo de imersão de $n_g = 1,518$ a 23°C. A microscopia à fluorescência foi realizada ao microscópio LEITZ da Seção de Geoquímica Orgânica da INTEVEP S/A (Centro de Investigación y Desarrollo de Petroleos de Venezuela), utilizando luz ultravioleta incidente de 390 - 490 nm sob objetivas 40X e 50X, espelho divisor de 510 nm e filtro de barreira de 515 nm.

Além da investigação qualitativa das amostras, mediu-se a reflectância nos macerais através do sistema fotométrico acoplado ao microscópio ZEISS. Os valores de reflectância foram submetidos à análise estatística num microcomputador IBM-PC compatível, através de programas elaborados para este fim.

ESTUDO PETROGRÁFICO

A microscopia à luz refletida mostrou-se um método eficaz no estudo dos troncos carbonificados e friáveis de Itaquaquecetuba, como observaram SUGUIO & MUSSA (1978).

O estudo petrográfico aqui apresentado teve como princípio a identificação de macerais *sensu* STOPEs (1935), conforme as definições do CIPC (1971) e STACH et al. (1982) (Fig. 1).

No tronco, observaram-se basicamente três tipos de macerais, pertencentes ao grupo da huminita: a textinita, que constitui a estrutura lenhosa original; a ulminita, que corresponde à parte gelificada daquela estrutura; e corpos granulares esféricos, que preenchem as células (Estampas 1).

A textinita e a ulminita, embora morfológicamente distintas entre si, apresentam características petrográficas idênticas. São pouco refletivas (reflectância média de 0,15%; Fig. 2) e, sob luz ultravioleta, produzem fluorescência moderada de coloração amarelada.

Os corpos granulares, que ocorrem em concentrações localizadas dentro de algumas cé-

lulas da estrutura lenhosa, medem normalmente de 2 a 10 μm , chegando, ocasionalmente, até 30 μm . Petrograficamente, estes corpos são materiais segregados em via de fusinização, pres-tes a se converterem em uma resino-esclerotinita. Este fato é confirmado por sua reflectância relativamente elevada (média de 0,22% Ro) e pela ausência completa de fluorescência sob luz ultravioleta. Alguns destes materiais podem representar flobafinita, que ainda mantém remotas possibilidades de se converter em corpocolinita, através de vitrinitização.

Segundo as observações de COHEN & SPACKMAN (1980) na turfeira da Flórida, a conversão *a posteriori* destes corpos granulares para vitrinita é difícil, havendo preferência pela transformação em macrinita ou micrinita (Fig. 3).

A intensidade de gelificação da huminita é bastante diferenciada ao longo da seção do tronco. Os anéis de crescimento parecem influir grandemente nessa diferenciação, pois estão evidenciados pelas faixas concêntricas relativamente estreitas (0,3-0,8mm) de máxima gelificação constituídas de eu-ulminita. Intercaladas entre estas faixas eu-ulminíticas, ocorrem bandas mais amplas (1,5-7,0mm) de textinita que, geralmente, na proximidade do limite, apresentam característica textitacional (gelificação parcial), constituindo uma texto-ulminita.

Nas argilas carbonosas, observou-se a predominância de macerais pertencentes aos subgrupos da humodetrinita e humocolinita, ocorrendo, de maneira subordinada, fungo-esclerotinita e ulminita (Estampas 2 e 3).

A humodetrinita é representada, sobretudo, por dois macerais: a atrinita, que ocorre em forma de pequenas partículas húmicas (dimensões menores que 50 μm) e a densinita, mais homogênea e contínua.

A humocolinita é representada principalmente por gelinitas, contando também com raras flobafinitas imersas em meio à humodetrinita ou à matriz argilosa.

Os valores de reflectância destes macerais encontrados nas argilas carbonosas são quase que sistematicamente maiores que aqueles obtidos na humotelinita (Fig. 2). Este fato deve-se principalmente a dois fatores: (1) a oxidação em gelinitas e densinitas; e (2) a presença de marcassita finamente disseminada nas humodetrinitas em geral.

Embora não se tenha confirmado numericamente, é certo que os maiores valores de reflectância pertencem às fungo-esclerotinitas, pois estas apresentam a coloração mais branca entre todos os macerais. Não foi possível medir sua reflectância devido à sua pequena dimensão.

GRUPO DE MACERAIS	SUB-GRUPO DE MACERAIS	MACERAIS	TIPO DE MACERAL	
HUMINITA	HUMOTELINITA	TEXTINITA	TEXTO-ULMINITA EU-ULMINITA	
		ULMINITA		
	HUMODETRINITA	ATTRINITA	PORIGELINITA	
		DENSINITA		
	HUMOCOLINITA	GELINITA	LEVIGELINITA	DETROGELINITA
				TELOGELINITA
				EUGELINITA
		CORPOHUMINITA	FLOBAFINITA	PSEUDOFLOBAFINITA
	LIPTINITA		ESPORINITA	
			CUTINITA	
RESINITA				
SUBERINITA				
ALGINITA				
LIPTODETRINITA				
CLOROFILINITA				
INERTINITA		FUSINITA		
		SEMI-FUSINITA		
		MACRINITA		
		ESCLEROTINITA		
		INERTODETRINITA		

Figura 1 - Tabela dos macerais do linho (CIPC, 1971).

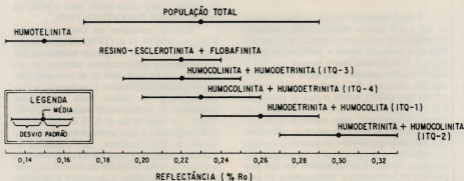


Figura 2 - Distribuição dos valores de reflectância de diferentes grupos de macerais observados na Formação Itaquaquecetuba. Os códigos ITQ-1, 2, 3 e 4 referem-se a amostras pontuais coletadas dentro da mesma camada argilo-carbonosa.

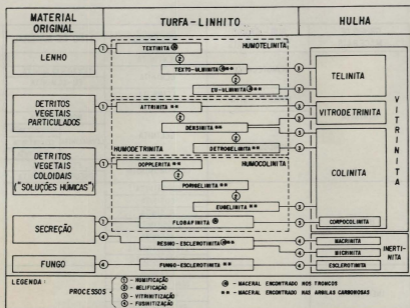


Figura 3 - Modelo teórico da evolução diagenética dos macerais da Formação Itaquaquecetuba, mostrando prováveis sucessores no estágio de hulha.

MATURAÇÃO ORGÂNICA

É fato conhecido em Geoquímica Orgânica que a reflectância representa um parâmetro de maturidade orgânica (ou grau de maturação). Para uma avaliação segura e confiável da maturação, é indispensável que o maceral em que se realiza a reflectometria (a medição de reflectância) seja adequado. No caso do presente estudo, o valor que melhor reflete o grau de maturação é o da humotelinita (textinita e ulminita) do tronco carbonificado, pelas seguintes razões: (1) a humotelinita se encontra em via de vitrinitização, processo que confere ao maceral a variação de reflectância proporcional à maturação; (2) apresenta notável homogeneidade em sua propriedade reflectométrica, independente do grau de gelificação; (3) não apresenta evidências de oxidação; (4) é relativamente pouco afetada pela marçassita, cuja interferência, através de alta refletividade, prejudica a acurácia da reflectometria.

Com base nestes argumentos, adotou-se como indicador de maturidade o valor de 0,15% Ro, que é a média das reflectâncias obtidas na humotelinita. Este resultado colocaria o mate-

rial estudado dentro do estágio de turfa, em vez de linhito, como vinha sendo feito a partir da interpretação de TOLENTINO (1965).

Estudos realizados no Graben do Alto Reno por DOEBL et al. (1974) indicaram que a matéria orgânica em seu pacote sedimentar pode permanecer extremamente imatura até, no máximo, em torno de 600 m de profundidade, já que no poço Sandhauser-1, perfurado na porção nordeste do graben, onde o gradiente geotérmico é relativamente baixo - 4,16°C/100 m -, o valor médio de 0,2% Ro em huminita foi registrado a uma profundidade de 600 m, dentro da série miocênica. Sob condições de gradiente geotérmico mais elevado, até mesmo a textinita A (uma variedade do maceral com menor reflectância) chega a apresentar uma reflectância de 0,21-0,25% Ro, mesmo se encontrando em camadas plicônicas a profundidades menores (CIPC, 1971).

Levando-se em consideração estes fatos, é razoável admitir que as camadas de turfa da Formação Itaquaquecetuba, apresentando um valor médio representativo de 0,15% Ro, não tenham sofrido um soterramento significativamente maior do que o verificado atualmente.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A caracterização petrográfica do material estudado permite afirmar que a matéria orgânica da Formação Itaquaquecetuba apresentou, em algum tempo, condições favoráveis ao processo de humificação, iguais ou similares àquelas de ambiente de turfeira.

Esta conclusão, aparentemente, vai de encontro a estudos recentes que sugeriram a vigência de um clima semi-árido (COIMBRA et al., 1983) e atividade tectônica sin-sedimentar (SUGUIO & TAKAHASHI, 1970; SUGUIO et al., 1971; SUGUIO, 1971; COIMBRA et al., 1983; e ALMEIDA et al., 1984) pois ambos os fatores são adversos à instalação de uma turfeira.

Ambientes mais favoráveis a isto caracterizam-se por tectônica suave e clima temperado ou tropical úmido (STACH et al., 1982).

Condições estritamente locais, como matas-galeria, sugeridas por SUGUIO (1980) e AB'SABER (1980), não devem ser suficientes para a manutenção de uma turfeira num ambiente com participação simultânea de tectônica ativa e semi-árida.

A hipótese que se pretende defender neste trabalho é a da aloctonia do material turfosso, levando-se em consideração os seguintes aspectos:

1) O processo de humificação sofrido pelos troncos fossilizados deve ter ocorrido antes de sua deposição no sítio atual, já que um rápido soterramento, como sugerido por COIMBRA et al. (1983), por si só, não explica as condições bioquímicas e físico-químicas necessárias para o surgimento dos macerais presentes;

2) Os níveis de argila carbonosa e turfa não revelam vestígios de crescimento vegetal *in situ*; ao contrário, apresentam, não raro, grânulos e seixos (às vezes até centimétricos) em seu interior;

3) A presença de anéis de crescimento em alguns dos troncos é bastante sugestiva para admitir a vigência de um clima temperado (Josué Camargo Mendes, comunicação pessoal feita durante a apresentação deste trabalho na V RPP, em dezembro de 1985), diferente, portanto, daquele sugerido para a época de deposição da Formação Itaquaquecetuba.

ADENDO

Durante o processo de editoração deste artigo, o autor recebeu duas sugestões oportunas do Prof. Dr. Armando Márcio Coimbra: (1) estudar mais exemplares de troncos fossilizados da Formação Itaquaquecetuba, e (2) fazer um estudo comparativo, utilizando a mesma metodologia, dos troncos e restos vegetais fósseis das formações São Paulo, Caçapava, Tremembé e Resende, além do "linhito" da Fazenda Bonfim.

Por uma coincidência feliz, a Petrobrás iniciou, no primeiro trimestre de 1986, um projeto de avaliação da potencialidade petrolífera da Bacia de Taubaté. A primeira etapa do projeto consistiu num trabalho de campo, visando a descrição de afloramentos e a coleta de amostras nas quatro bacias tafrogênicas do "Eixo Rio - São Paulo" (São Paulo, Taubaté, Resende e Volta Redonda).

Entre mais de uma centena de amostras coletadas para diversas finalidades (paleontologia, sedimentologia, geoquímica, etc.), existem cerca de vinte amostras prestáveis à petrografia orgânica, cuja procedência atende àquelas sugestões.

Seu estudo está em andamento e, a princípio, atenderá ao objetivo exploratório da Empresa, podendo vir a público em breve.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AB'SABER, A.N. (1980) Súmula geomorfológica da região de São Paulo. Mesa-Redonda sobre Aspectos Geológicos e Geotécnicos da Bacia Sedimentar de São Paulo, São Paulo, SP, Anais, p. 33-36.
- ALMEIDA, F.F.M. de; RICCOMINI, C.; DEHIRA, L.K.; CAMPANHA, G.A. da C. (1984) Tectônica da Formação Itaquaquecetuba na Grande São Paulo. XXXIII Congr. bras. Geol., Rio de Janeiro, RJ, Anais, 4:1794-1808.
- COHEN, A.D. & SPACKMAN, W. (1980) Phytogenic organic sediments and sedimentary environments in the Everglades Mangrove Complex of Florida — Part III: The alteration of plant material in peats and the origin of coal macerals. Paleontographica Abt. B, 172:125-149.
- CIPC — Comité International de Petrografia do Carvão (1971) Léxique International de Pétrographie des Charbons. Paris. Centre National de la Recherche Scientifique.
- COIMBRA, A.M.; RICCOMINI, C.; MELO, M.S. (1983) A Formação Itaquaquecetuba: evidências de tectonismo no Quaternário paulista. 4º Simpósio Regional de Geologia, São Paulo, SP, Atas, p. 253-266.

- DOEBL, F.; HELLING, D.; HOMANN, W.; KARWEIL, J.; TEICHMÜLLER, M.; WELTE, D. (1974) Diagenesis of Tertiary clayey sediments and included dispersed organic matter in relationship to geothermics in the Upper Rhine Graben. In: J.H. ILLIES & K. FUCHS, eds. Approaches to Taphrogenesis. Proceedings of International Rift Symposium (Karlsruhe, 13-15/April/1972). Stuttgart, Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, p. 192-207.
- STACH, E.; MACKOWSKY, M.-Th; TEICHMÜLLER, M.; TAYLOR, G.H.; CHANDRA, D.; TEICHMÜLLER, R. (1982) Stach's Textbook of Coal Petrology. Berlin, Gebrüder Borntraeger. 535 p.
- STOPEŠ, M.C. (1935) On the petrology of banded bituminous coals. Fuel, 14: 4-13.
- SUGUIO, K. (1971) Estudo dos troncos de árvores "linhificados" dos aluviões antigos do Rio Pinheiros (São Paulo): significados geocronológico e possivelmente paleoclimático. XXV Congr. bras. Geol., São Paulo, SP, Anais, 1: 63-69.
- SUGUIO, K. (1980) Síntese dos conhecimentos sobre a sedimentação da Bacia de São Paulo. Mesa-Redonda sobre Aspectos Geológicos e Geotécnicos da Bacia Sedimentar de São Paulo, São Paulo, SP, Anais, p. 25-32.
- SUGUIO, K., COIMBRA, A.M.; MARTINS, C.; BARCELOS, J.H.; GUARDADO, L.R.; RAMPAZZO, L. (1971) Novos dados sedimentológicos do Rio Pinheiros (São Paulo) e seus significados na interpretação do ambiente deposicional. XXV Congr. bras. Geol., São Paulo, SP, Anais, 2: 219-225.
- SUGUIO, K. & MUSSA, D. (1978) Madeiras fósseis dos aluviões antigos do Rio Tietê, São Paulo. Bol. IG, Inst. Geociênc., USP, São Paulo, 9: 25-45.
- SUGUIO, K. & TAKAHASHI, L.I. (1970) Estudo dos aluviões antigos dos Rios Pinheiros e Tietê, São Paulo, SP. An. Acad. bras. Ciênc., 42(3):555-570.
- TOLENTINO, M. (1965) Algumas considerações sobre um carvão da Bacia de São Paulo. Publ. Esc. Eng. S. Carlos, USP, 135: 29-33 (Geol. nº 13).

LEGENDAS DAS ESTAMPAS

(Todas as fotomicrografias das estampas foram obtidas sob luz refletida).

ESTAMPA 1

Figura 1 — Seção transversal em tronco carbonificado mostrando a estrutura lenhosa constituída de textinita. Notar lúmens bem preservados e presença de algumas resino-esclerotinas.

Figura 2 — Seção longitudinal em tronco carbonificado, mostrando os mesmos macerais da foto anterior, em ângulo diferente. Notar ocorrência de uma concentração localizada de resino-esclerotinas.

Figura 3 — Seção longitudinal em tronco carbonificado mostrando a estrutura lenhosa constituída de textoulinita. Notar a estrutura lenhosa deformada com lúmens colapsados e gelificação incipiente.

Figura 4 — Seção transversal em tronco carbonificado mostrando a estrutura lenhosa bastante gelificada, constituída de texto-ulminita e eu-ulminita. Notar a presença de corpos granulares atribuíveis à flobafinita.

ESTAMPA 2

Figura 1 — Amostra ITQ-1 (argila carbonosa). Predominância de atrinita em meio a matriz argilosa. Notar, na parte inferior direita da foto, a presença de fungo-esclerotinita, em forma de um pequeno anel de alta reflectância.

Figura 2 — Amostra ITQ-1 (argila carbonosa). Alternância de atrinita e densinita (parte mais clara).

Figura 3 — Amostra ITQ-1 (argila carbonosa). Bandeamento dos macerais idêntico ao da foto anterior, diferindo apenas na maior predominância da densinita. Notar a variação da reflectância devida à oxidação. A parte em contato com a atrinita e matriz argilosa apresenta reflectância de 0,39% Ro, ao passo que a parte de "miolo" da densinita tem reflectância de 0,31% Ro.

Figura 4 — Amostra ITQ-1 (argila carbonosa). Predominância de matriz argilosa com atrinita e marcassita disseminadas. Notar, no canto inferior esquerdo, um agregado de flobafinitas com reflectância média de 0,27% Ro.

ESTAMPA 3

Figura 1 — Amostra ITQ-2 (argila carbonosa). Alternância de atrinita e densinita. Notar, na parte superior da foto, uma quantidade elevada de marcassita disseminada na atrinita.

Figura 2 — Amostra ITQ-2 (argila carbonosa). Bandeamento formado pela alternância de atrinita e porigelinita. Notar a deformação generalizada do bandeamento, que pode indicar a movimentação pós-deposicional da camada.

Figura 3 — Amostra ITQ-4 (argila carbonosa). Humocolinita com evidências de oxidação. A reflectância na parte mais oxidada é de 0,27% Ro, e a da parte menos oxidada é de 0,18% Ro.

Figura 4 — Amostra ITQ-4 (argila carbonosa). Eu-ulminita com gelificação generalizada. Embora pouco nítida, pode-se observar ainda a orientação da estrutura lenhosa reliquiar no sentido horizontal.