

Sedimentação vulcanoclástica do Cretáceo Superior da Bacia de Campos, Sudeste do Brasil

Upper Cretaceous volcanoclastic sedimentation of the Campos Basin, Southeastern Brazil

Daisy Barbosa Alves

Palavras-chave: bentonita | cinza vulcânica | marco estratigráfico | Bacia de Campos | Cretáceo Superior

Keywords: bentonite | volcanic ash | stratigraphic marker | Campos Basin | Upper Cretaceous

resumo

Durante o Neocretáceo, a presença de um ou mais vulcões altamente explosivos (plinianos), localizados nas adjacências da Bacia de Campos, afetou significativamente o registro sedimentar desta região. Esta influência se fez sentir, de maneira intermitente, desde o Neoconiaciano até o Maastrichtiano, de duas maneiras principais: pelo aporte de vulcanoclastos intercalados à sedimentação marinha contemporânea; e pela ação dos sismos e terremotos associados que favoreceram o disparo de correntes de turbidez e

ocasionaram deformações nos estratos com sedimentos já assentados. Os vulcanoclastos liberados por estes vulcões possuíam vidro vulcânico com composição equivalente a traquito, mostrando-se enriquecidos em elementos-traços incompatíveis e em elementos terras raras leves. Podem, portanto, ser diferenciados facilmente dos materiais produzidos pelos estratos-vulcões da Formação Cabiúnas (Cretáceo Inferior), os quais são compostos por rochas ígneas básicas toleíticas. A deposição dos vulcanoclastos de composição traquítica originou dois marcos estratigráficos de grande importância na Bacia de Campos: o Marco “3-Dedos” e o Marco “3B”. O estudo químico, mineralógico e petrográfico destes horizontes mostra que, apesar de representarem fácies deposicionais distintas (queda de cinza e retrabalhamento, respectivamente), suas rochas se formaram a partir de vulcanoclastos produzidos pelo mesmo tipo de vulcões, representando, portanto, feições de um mesmo processo geológico.

introdução

No início dos anos 90, a Petrobras testemunhou duas camadas de bentonitas dentro da Formação Ubatuba, no intervalo correspondente ao Marco “3-Dedos”, no Campo de Marimbá. Estudo detalhado desta litologia mostrou que a mesma foi formada a partir da alteração halmirólítica de cinzas vulcânicas depositadas durante o Santoniano, correspondendo portanto à litofácies mais distal de um processo vulcânico ativo contemporâneo (Alves *et al.* 1993; Caddah *et al.* 1994). Como camadas assim formadas o fazem em período de tempo muito curto do registro geológico, o marco que as contém tem sido empregado efetivamente na área sul da Bacia de Campos para correlação estratigráfica.

Outros registros deste grande evento ígneo não haviam sido encontrados dentro da seção sedimentar da Bacia de Campos. Ao contrário, as evidências reunidas indicavam que os vulcões-fontes estariam localizados na porção continental adjacente à bacia (Alves, 2000). Todavia, perfurações recentes feitas pela Petrobras na porção norte da Bacia de Campos atravessaram uma seção sedimentar com características bastante diferenciadas da sedimentação contemporânea. Formada predominantemente por rochas pelíticas radioativas de ocorrência física restrita, ela tem sido denominada de Marco “3B”. Efetua-se, aqui, uma avaliação destas rochas, verificando-se o possível relacionamento genético com o vulcanismo que originou as bentonitas do Campo de Marimbá.

material e métodos

Na caracterização das rochas pelíticas dos marcos “3-Dedos” e “3B” foram empregados métodos de análise petrográfica, mineralógica e geoquímica. Como suas amostras são altamente higroscópicas, as lâminas petrográficas foram desbastadas a seco para serem, em seguida, analisadas ao microscópio ótico. A avaliação da composição dos seus constituintes formadores foi realizada pela difratometria de raios X, através de

duas modalidades de análise mineralógica: total e dos argilominerais da fração inferior a dois *micra*. O teor dos carbonatos foi obtido por calcimetria. A composição dos elementos maiores foi determinada no espectrômetro de fluorescência de raios X, enquanto a dos elementos-traços e elementos terras raras foi obtida no espectrômetro de massas com fonte de plasma indutivamente acoplado. A perda ao fogo corresponde à perda de massa por ignição a 1 000 °C.

Marco “3-Dedos” (Santoniano)

O Marco “3-Dedos” apresenta uma assinatura muito particular nos perfis elétricos, qual seja uma sucessão de três picos afilados de baixa resistividade e densidade, alta porosidade e elevados valores de tempo de trânsito, além do *caliper* exagerado (Caddah *et al.* 1994). Tais picos são constituídos por camadas de bentonitas que se caracterizam por contato basal abrupto e espessura da ordem de 1 m. Sua distribuição areal é ampla e independente da morfologia do fundo oceânico pretérito, podendo ser encontrada tanto em paleoaltos quanto em paleobaixos. Não exibem fissilidade nem bioturbação. Tais camadas encontram-se interdigitadas com rochas pelíticas consideradas representativas da seção marinha hemipelágica normal da Bacia de Campos.

resultados

As bentonitas do Marco “3-Dedos” exibem composição mineralógica específica, sendo formadas quase que exclusivamente por argilominerais expansivos (interestratificado illita-esmectita com composição muito próxima à esmectita pura), e contendo baixos teores de zeólitas (analcima) e sanidina. Sua composição química também é diferenciada, pois se caracterizam por elevados teores dos elementos terras raras leves (ETRL), Zr, Th, Nb, Ga e perda ao fogo.

Ao microscópio ótico, verifica-se a presença de texturas petrográficas relictas como fantasmas de cristais sextavados e de *shards* dendri-formes, além de estruturas de fluxo e diminutas amígdalas.

Com estas propriedades, as bentonitas do Marco "3-Dedos" foram interpretadas por Caddah *et al.* (1994) como tendo sido formadas a partir de pelo menos três grandes episódios de suprimento de cinzas vulcânicas à Bacia de Campos, durante o Santoniano. A composição do vidro vulcânico constituinte dos vulcanoclastos originais seria equivalente aos traquitos, ou seja, distinta daquela das rochas vulcânicas da Formação Cabiúnas (constituídas por basaltos toleíticos com várias texturas petrográficas) e demais rochas ígneas encontradas na Bacia de Campos (fig. 1).

Marco "3B" (Maastrichtiano)

O Marco "3B" da Formação Ubatuba se caracteriza por um espesso intervalo (da ordem de até 100 m) de rochas predominantemente pelíticas que possuem radioatividade elevada, a qual é correlacionada com valores anômalos de Th no perfil de raios gama espectral (cf. Oliveira *et al.* 1999). De modo geral, são rochas pouco resistentes e com velocidade sônica baixa.

Como um todo, o Marco "3B" possui geometria confinada e sua área de ocorrência se dá ao longo de uma paleocalha de direção NW/SE, localizada na porção norte da Bacia de Campos. Sua seqüência sedimentar inclui depósitos de *thin-bedded turbidites* interdigitados com camadas de arenito correspondentes a lobos de turbiditos (Muniz *et al.* 1999). Possui, também, camadas milimétricas de bentonitas com propriedades e composição análogas às do Marco "3-Dedos".

resultados

As rochas pelíticas radioativas do Marco "3B" são sílticas e possuem diversidade de constituintes minerais, incluindo: quartzo, K-feldspato, plagioclásio, calcita, argilominerais, micas e, por vezes, pirita. Os interestratificados ilita-esmectita irregulares (30% - 40% de ilita) predominam na fração fina, enquanto ilita discreta é o constituinte

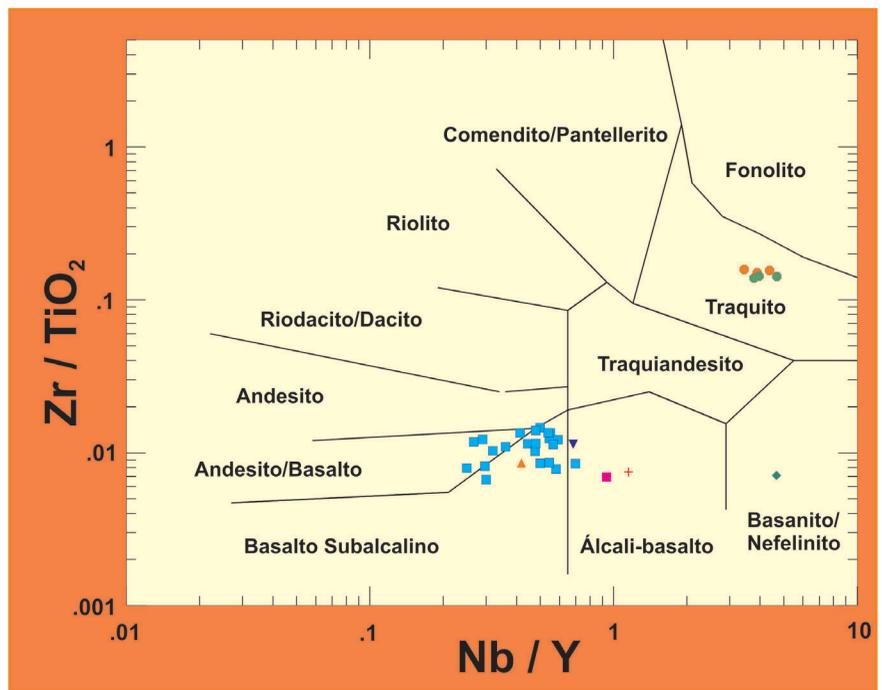


Figura 1

Diagrama de Winchester e Floyd (1977) mostrando os campos de classificação das bentonitas do Marco "3-Dedos" (círculos) e dos basaltos da Formação Cabiúnas (quadrados) da Bacia de Campos e outras rochas ígneas mais jovens (demais símbolos).

Figure 1

Winchester and Floyd plot (1977) showing the field of classification of "3-Dedos" Markerbed bentonites (circles) and of Cabiúnas Formation basalts (squares) and of other younger igneous rocks of the Campos Basin (other symbols).

te secundário mais comum. Com relação às bentonitas propriamente ditas, as rochas radioativas mostram-se enriquecidas em TiO_2 , CaO , K_2O , P_2O_5 , Cr , Mn , Nb , Rb e Sr .

No diagrama de Winchester e Floyd (1977), as rochas pelíticas radioativas do Marco "3B" se posicionam a meio caminho entre o campo classificatório contendo os resultados relativos às bentonitas associadas e o campo correspondente às rochas pelíticas representativas da sedimentação hemipelágica normal da Bacia de Campos (fig. 2). Tal disposição indica que as rochas radioativas seriam formadas a partir da mistura de clastos de rochas-fontes com composição distinta mas contemporâneas entre si, ou seja, incluiriam os constituintes detríticos usualmente captados pela bacia de deposição e os vulcanoclastos retrabalhados. A avaliação petrográfica também corrobora esta conclusão, pois, ao microscópio ótico, são observadas texturas de rochas híbridas, incluindo fantasmas de clastos arredondados indicativos da ação de erosão e transporte. A disposição dos pontos na figura 2 indica, portanto, o grau variado das proporções entre os constituintes de duas rochas-fontes. Com esta composição, as rochas pelíticas radioativas do Marco "3B" são, em realidade, rochas cineríticas.

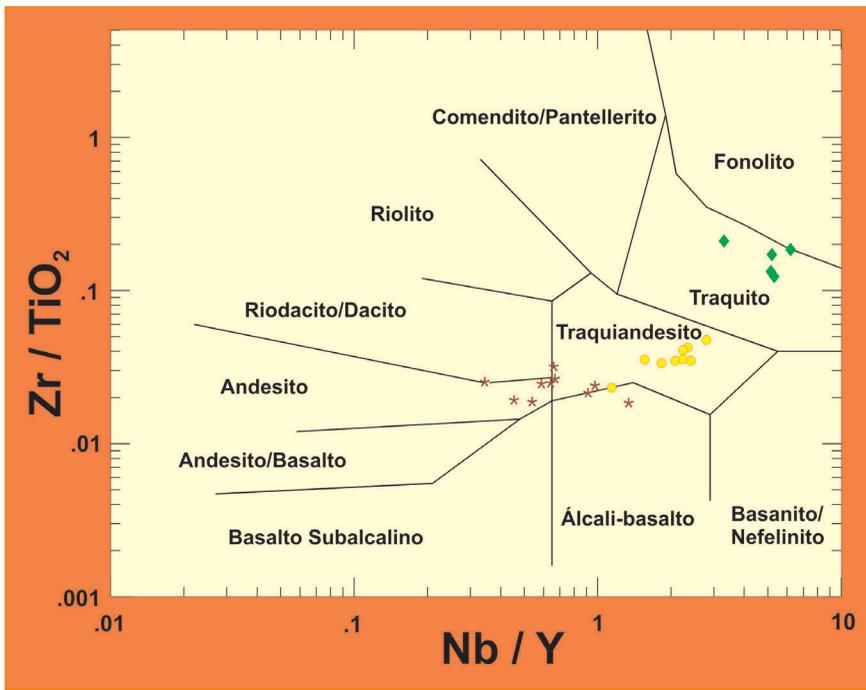


Figura 2
Diagrama de Winchester e Floyd (1977) mostrando os campos de classificação das bentonitas do Marco "3B" (losangos), das rochas pelíticas da Formação Ubatuba representativas da sedimentação hemipelágica normal (asterisco) e das rochas pelíticas cineríticas do Marco "3B" (círculos) da Bacia de Campos.

discussão e conclusões

O modelo de deposição das camadas de bentonita do Marco "3-Dedos" pressupõe a existência, nas cercanias da Bacia de Campos, de vulcão(ões) subaéreo(s) e altamente explosivo(s)

(pliniano) que periodicamente liberava(m) material vulcanoclástico para a troposfera superior. Dispersos pela ação dos ventos, os vulcanoclastos acabaram por se depositar interdigitados aos sedimentos marinhos da Formação Ubatuba e de sua alteração (halmirólise) resultaram as bentonitas estudadas (fig. 3).

Na Bacia de Campos, a influência deste vulcanismo se fez sentir, do Neoconiaciano ao Maastrichtiano (25 Ma), de duas maneiras principais: aporte de vulcanoclastos e ação de sismos e terremotos associados, que foram responsáveis pelo disparo de correntes de turbidez e pelas deformações de estratos de sedimentos já assentados (Caddah *et al.* 1998).

Os depósitos de queda de cinza do Marco "3-Dedos" representam a litofácies mais fina deste vulcanismo com afinidade traquítica. Já as rochas pelíticas cineríticas do Marco "3B" correspondem a uma litofácies híbrida contendo vulcanoclastos retrabalhados. Sua estreita associação com *thin bedded turbidites* e a geometria do depósito em si permitem inferir que tenham se originado do desmonte dos depósitos representativos das litofácies mais proximais dos vulcões-fontes e dos depósitos de cinzas vulcânicas

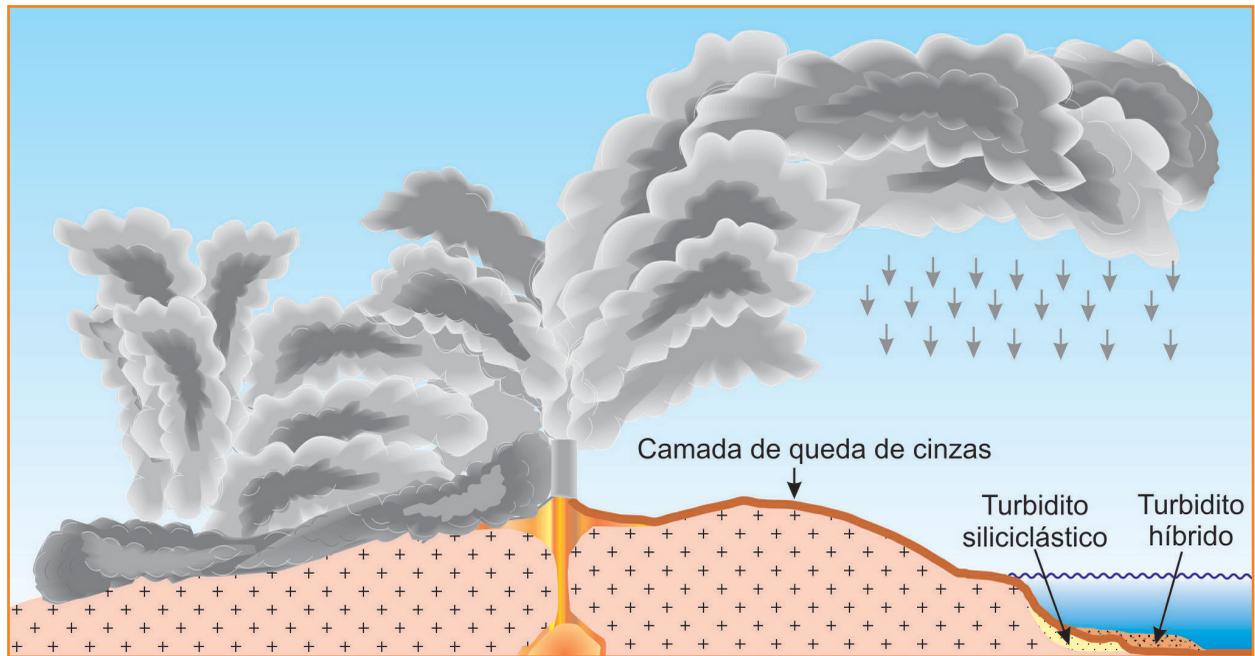


Figura 3 – Modelo do vulcanismo que originou as bentonitas do Cretáceo Superior dos marcos 3-Dedos e 3B da Bacia de Campos.

Figure 3 – Volcanism model that originated the Upper Cretaceous bentonites from "3-Dedos" and "3B" markerbeds of the Campos Basin.

acumuladas nas suas proximidades. Os processos de erosão e transporte promoveram sua mistura com os clastos provenientes das outras rochas-fontes circunscritas à bacia de captação de sedimentos da Bacia de Campos. Estes sedimentos híbridos acabaram se acumulando na plataforma continental e foram remobilizados posteriormente originando correntes de turbidez e se depositando durante o Maastrichtiano em ambiente batial. Em suma, os tipos de litofácies vulcanoclásticas dos marcos "3-Dedos" e "3B" guardam estreita correlação genética entre si quanto à fonte vulcânica comum.

agradecimentos

À Petrobras pela liberação desta publicação; aos geólogos Cristiano Leite Sombra e Moisés Calazans Muniz, que acompanharam com sugestões e críticas grande parte deste trabalho.

referências bibliográficas

ALVES, D. B. The highly explosive Upper Cretaceous volcanism located close to Rio de Janeiro, Brazil. In : INTERNATIONAL GEOLOGICAL CONGRESS, 31., 2000, Rio de Janeiro, 2000. **Anais...** Rio de Janeiro : Geological Survey of Brazil, 2000. 1 CD-ROM, 1 p.

ALVES, D. B.; MIZUSAKI, A. M. P.; CADDAH, L. F. G. Camadas de cinzas vulcânicas no Santoniano (Cretáceo Superior) da Bacia de Campos, Brasil. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DO SUDESTE, 3., 1993, Rio de Janeiro. **Atas...**, Rio de Janeiro : Universidade do Estado do Rio de Janeiro, 1993. p. 37-42.

CADDAH, L. F. G.; ALVES, D. B.; HANASHIRO, M.; MIZUSAKI, A. M. P. Caracterização e origem do Marco "3-Dedos" (Santoniano) da Bacia de Campos. **Boletim de Geociências da Petrobras**, Rio de Janeiro, v. 8, n. 2-4, p. 315-334, abr./dez. 1994.

CADDAH, L. F. G.; ALVES, D. B.; MIZUSAKI, A. M. P. Turbidites associate with bentonites in the Upper Cretaceous of the Campos Basin, offshore Brazil. **Sedimentary Geology**, Amsterdam, v. 115, n. 175-184, 1998.

MUNIZ, C. M.; SOUZA, M. K.; VOELCKER, H. E. **Modelo deposicional e estratigráfico do Campo de Roncador**. Macaé : PETROBRAS. E&P-BC. GELAB, 1999. 61 p. Relatório interno.

OLIVEIRA, L. C. V.; ANTUNES, R. L.; SHIMABUKURO, S. **Refinamento bioestratigráfico e estratigrafia química do Maastrichtiano da Bacia de Campos**. Rio de Janeiro : PETROBRAS. CENPES. DIVEX. SEBIPE, 1999. 123 p. Relatório interno.

WINCHESTER, J. A.; FLOYD, P. A. Geochemical discrimination of different magma series and their differentiation products using immobile elements. **Chemical Geology**, v. 20, p. 325-343, 1977.

abstract

During the Late Cretaceous, the presence of one or more highly explosive volcanoes (plinians) located in the surroundings of the Campos Basin significantly affected the sedimentary record of this basin. Their influence extended in intermittently from the Late Coniacian to the Maastrichtian in two main ways: by the contribution of volcaniclasts deposited intercalated with the coeval marine sediments; and by the action of seismicity and associated earthquakes; which favored the onset of turbidity currents and caused deformations in strata of already deposited sediments. The volcaniclasts ejected by these volcanoes contained volcanic glass of which composition was equivalent to

trachyte and showed enrichment in both incompatible trace elements and light rare earth elements. Thus they can be easily differentiated from the materials produced by the stratovolcanoes from the Cabiúnas Formation (Lower Cretaceous), which are composed by basic tholeiitic igneous rocks. Deposition of the trachytic volcaniclasts originated two stratigraphic marker beds of great importance in the Campos Basin: "3-Dedos" and "3B" marker beds. The mineralogical, chemical and petrographic study of these horizons has shown that, in spite of representing different depositional facies (ash fall and reworking, respectively), their rocks were formed by volcaniclasts produced by the same type of volcanoes; therefore they represent features of the same geological process.

autor



Daisy Barbosa Alves

Centro de Pesquisas da Petrobras (Cenpes)

Gerência de Sedimentologia e Petrologia

e-mail: daisy@petrobras.com.br

Daisy Barbosa Alves, geóloga sênior especializada em mineralogia de argilominerais, difratometria de raios X e diagênese de folhelhos, graduou-se Bacharel em Geologia pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) em 1977. Ingressou na Petrobras em 1978 para atuar como pesquisadora no Centro de Pesquisas e Desenvolvimento Leopoldo Américo Miguez de Mello (Cenpes), onde está lotada até hoje. Em 1990, obteve o título de doutora em ciências pela UFRJ. Coordenou as atividades do Laboratório de Análise de Argilominerais por Difratometria de Raios X por diversas gestões. Foi nomeada consultora técnica em 2003.

Ao longo destes anos, registrou inovações técnicas desenvolvidas no âmbito da Companhia e atuou nas seguintes áreas: geoquímica orgânica, geologia de reservatório, estratigrafia, tectônica, modelagem de bacias, tecnologia de rochas e sedimentologia e petrologia. Coordenou diversas atividades técnicas, incluindo projetos, serviços e eventos internos. Participou como docente em diversos cursos de formação na Petrobras e, a convite, nas seguintes universidades brasileiras: UFOP, USU, UFRJ, UFRGS, UERJ, UFF e UNISINOS.

Suas atividades técnicas têm sido diversificadas, abrangendo pesquisas relacionadas a: processos e ambientes de sedimentação, geologia dos argilominerais, difratometria de raios X, correlação estratigráfica; alteração de rochas, bentonitas (cinzas vulcânicas), magmatismo, vulcanismo, inclusões fluidas, datação de rochas sedimentares, litogeoquímica, diagênese de reservatórios terrígenos, diagênese de folhelhos, avaliação geoquímica de bacias brasileiras e internacionais, paleoecologia de depósitos não-marinhos, estratigrafia de alta resolução e materiais alternativos para obras civis.

Desde 1994 é sócia honorária de El Museo Regional Malargüe (Argentina). Em 2000, recebeu menção honrosa outorgada pelo Instituto Brasileiro de Petróleo, e, em 2002, o prêmio Cenpes de Excelência em Resultados – categoria especial. Em 2005, foi eleita para o Conselho Diretor da *Association International pour l'Étude des Argiles* (AIPEA), órgão internacional regulador dos estudos e aplicações de argilominerais. Atualmente, está lotada na Gerência de Sedimentologia e Petrologia, do Cenpes.