

RELAÇÕES ESTRATIGRÁFICAS DA PROVÍNCIA MAGMÁTICA DO CABO, BACIA DE PERNAMBUCO, NORDESTE DO BRASIL

Marcos Antonio Leite do Nascimento¹,
Zorano Sérgio de Souza²,
Mário Ferreira Lima Filho³,
Emanuel Ferraz Jardim de Sá²,
Liliane Rabêlo Cruz¹,
Luiz Jorge Frutuoso Júnior⁴,
Camilla Bezerra de Almeida¹,
Alex Francisco Antunes¹,
Fernando César Alves da Silva²,
Ingred Maria Guimarães Guedes¹.

1 Pós-Graduação em Geodinâmica e Geofísica (PPGG)/UFRN, PRH-22/ANP,

2 Departamento de Geologia e PPGG/UFRN, PRH-22/ANP,

3 Departamento de Geologia e Pós-Graduação em Geociências/UFPE, PRH-26/ANP,

4 Curso de Geologia (CG)/UFRN.

marcos@geologia.ufrn.br

RESUMO A Bacia de Pernambuco inclui uma estreita faixa de rochas sedimentares e magmáticas no Nordeste do Brasil, aflorante no litoral a sul de Recife (PE). Nesta porção emersa da bacia, uma unidade siliciclástica de idade Aptiana-Albiana, a Formação Cabo, materializa o estágio rifte de evolução. Unidades carbonática (Formação Estiva) e siliciclásticas (Formações Algodoais e Barreiras), cuja idade varia do Cretáceo superior ao Neógeno-Quaternário, definem o estágio drifte. Há cerca de 102 Ma, a Bacia de Pernambuco foi palco de um importante evento magmático definido por rochas básicas-intermediárias (basaltos a traqui-andesitos) a ácidas (riolitos, ignimbritos, traquitos, granitos) que ocorrem como diques, soleiras, *plugs*, domos e derrames. Relações de contato entre as rochas ígneas e sedimentares sugerem que a unidade magmática intrude/extrude e se intercala com as rochas da Formação Cabo, e está capeada em discordâncias pelas formações Estiva e Algodoais; esta última contém abundantes fragmentos de rochas vulcânicas (principalmente traquitos) na sua fácies conglomerática. Em alguns locais, fragmentos de riolitos e traquitos ocorrem subordinadamente nos arenitos da Formação Cabo, indicando que o magmatismo foi sincrônico à deposição da sequência rifte.

Palavras-chaves: magmatismo do Cabo, Bacia de Pernambuco, NE do Brasil

ABSTRACT The Pernambuco Basin (PB) comprises a thin belt of sedimentary and magmatic rocks in northeastern Brazil, outcropping along the coast south of Recife. The onshore portion of the basin is composed by a siliciclastic unit of Aptian to Albian age, the Cabo Formation, representing the rift evolutionary stage. Carbonate

(Estiva Formation) and siliciclastic (Algodoais and Barreiras formations) units, whose ages vary from the late Cretaceous to Neogene-Quaternary, define the drift stage. 102 Ma ago, the Pernambuco Basin was affected by an important magmatic event defined by basic-intermediate (basalts to trachy-andesites) to acid (rhyolites, ignimbrites, trachytes, granites) rocks which occur as dykes, sills, plugs, domes and flows. Contact relations between igneous and sedimentary rocks indicate that the magmatic unit intrude and is interlayered with the Cabo Formation siliciclastics, being unconformably overlain by the Estiva and Algodoais formations; the latter contains abundant fragments of volcanic (mainly trachytic) rocks in its conglomeratic facies. Rhyolite and trachyte fragments occur subordinately in the sandstones and conglomerates of the Cabo Formation, pointing that magmatism was synchronous to the deposition of the rift sequence in the Pernambuco Basin.

Keywords: Cabo Magmatism, Pernambuco Basin, Northeastern Brazil

INTRODUÇÃO

No extremo NE do Brasil, a Bacia de Pernambuco (também conhecida como Bacia do Cabo) (Fig. 1) é caracterizada pela presença de um importante magmatismo básico-ácido associado às rochas siliciclásticas da Formação Cabo, ambos representando a seção rifte da bacia em lide. Este magmatismo é denominado de Província Mágmatíca do Cabo (adiante referida como PMC), estando situado a sul da cidade de

Recife, Pernambuco, Nordeste do Brasil. Os primeiros trabalhos relacionados à PMC, também denominada de Formação Ipojuca (Amaral & Menor, 1979), Suíte Vulcânica de Ipojuca (Lima Filho, 1998) ou Suíte Mágmatíca Ipojuca (Cruz, 2002), são creditados a John Casper Branner, que no final do século XIX visitou o litoral sul pernambucano e pesquisou os traquitos de Itapoama e Pedras Pretas, o Granito do Cabo e os riolitos da Ilha de Santo Aleixo (Branner, 1902).

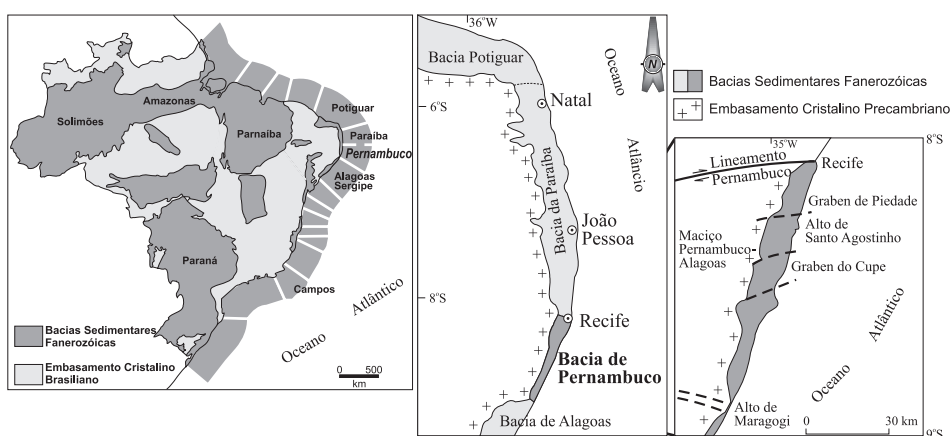


Figura 1 – Localização das bacias sedimentares brasileiras com destaque para a Bacia de Pernambuco.

Trabalhos de caráter regional abordando dados de campo e petrográficos das rochas magmáticas foram realizados por Borba (1975) e Figueiredo Filho (1980), e posteriormente resumidos em Sial *et al.* (1987). Esses trabalhos mostram a distribuição das rochas ígneas nas proximidades do embasamento que bordeja, a oeste, a Bacia de Pernambuco. De acordo com Sial *et al.* (1987), esse magmatismo ocorre como diques, derrames, soleiras, *plugs* ou corpos semi-circulares.

As primeiras idades absolutas obtidas para as rochas da PMC foram reportadas por Vandoros *et al.* (1966), com valores variando entre 99 e 85 Ma pelos métodos K-Ar e Rb-Sr. Em re-avaliação posterior desses mesmos dados, Vandoros & Valarelli (1976) estabeleceram um novo intervalo de idades, entre 114 e 90 Ma. Long *et al.* (1986) definiram, para o Granito do Cabo, uma isócrona Rb-Sr (rocha total) com idade de 105 ± 2 Ma e razão inicial (I_{sr}) de $0,7084 \pm 0,0011$. Mais recentemente, os primeiros dados $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ foram apresentados por Lima Filho (2001) e Lima Filho & Szatmari (2002), cujas idades variaram entre 111 e 100 Ma.

Neste trabalho é apresentada uma re-avaliação, baseada em relações de campo, entre as diferentes rochas magmáticas da PMC, na Bacia de Pernambuco. Novos dados de campo, incluindo o mapeamento das diferentes fácies do Granito do Cabo e dos riolitos, e a descrição dos depósitos ignimbríticos, em conjunto com os recentes dados geocronológicos $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$, permitem uma caracterização adequada dos principais pulsos de rochas magmáticas nesta região (maiores detalhes ver Nascimento *et al.*, 2003, 2004; Almeida *et al.*, 2003; Jardim de Sá *et al.*, 2003a).

GEOLOGIA DA BACIA DE PERNAMBUCO

ESTRATIGRAFIA

A porção emersa da Bacia de Pernambuco compreende uma estreita faixa submeridiana, seguindo o litoral a sul de Recife (PE), com uma extensão aproximada de 80 km na direção NNE e largura máxima de 12 km (Fig. 2). Mais recentemente, a geologia desta bacia foi descrita por Lima Filho (1998) e re-avaliada no âmbito de um projeto ANP/UFRN/UFPE (Jardim de Sá *et al.* 2003a).

A porção *onshore* da Bacia de Pernambuco compreende uma sequência rifte de idade Aptiana-Albiana (Formação Cabo), composta por rochas sedimentares intrudidas e/ou intercaladas pelas rochas ígneas da denominada Província Mágmatice do Cabo (PMC; Almeida *et al.*, 2003; Cruz *et al.*, 2003, 2004; Jardim de Sá *et al.*, 2003a, 2004). Estas unidades estão estratigraficamente sotopostas a sequências carbonáticas (Formação Estiva – calcários e margas) e siliciclásticas (Formação Algodoads – conglomerados mono a polimíticos com fragmentos e blocos de rochas vulcânicas; Formação Barreiras – arenitos argilosos com intercalações variadas siltico-argilosas e conglomeráticas), que representam a fase drifte da referida bacia.

A Formação Cabo é constituída por sedimentos depositados em um sistema de leques aluviais, compostos por três fácies (Lima Filho, 1988; Cruz, 2002; Frutuoso Jr., 2002; Cruz *et al.*, 2003, 2004): i) fácies proximal representada por conglomerados que afloram nas proximidades da borda falhada no oeste da bacia. São conglomerados e brechas polimíticos e polimodais, com blocos e fragmentos de granitos, gnaisses, xistos e pegmatitos. Esta unidade grada para

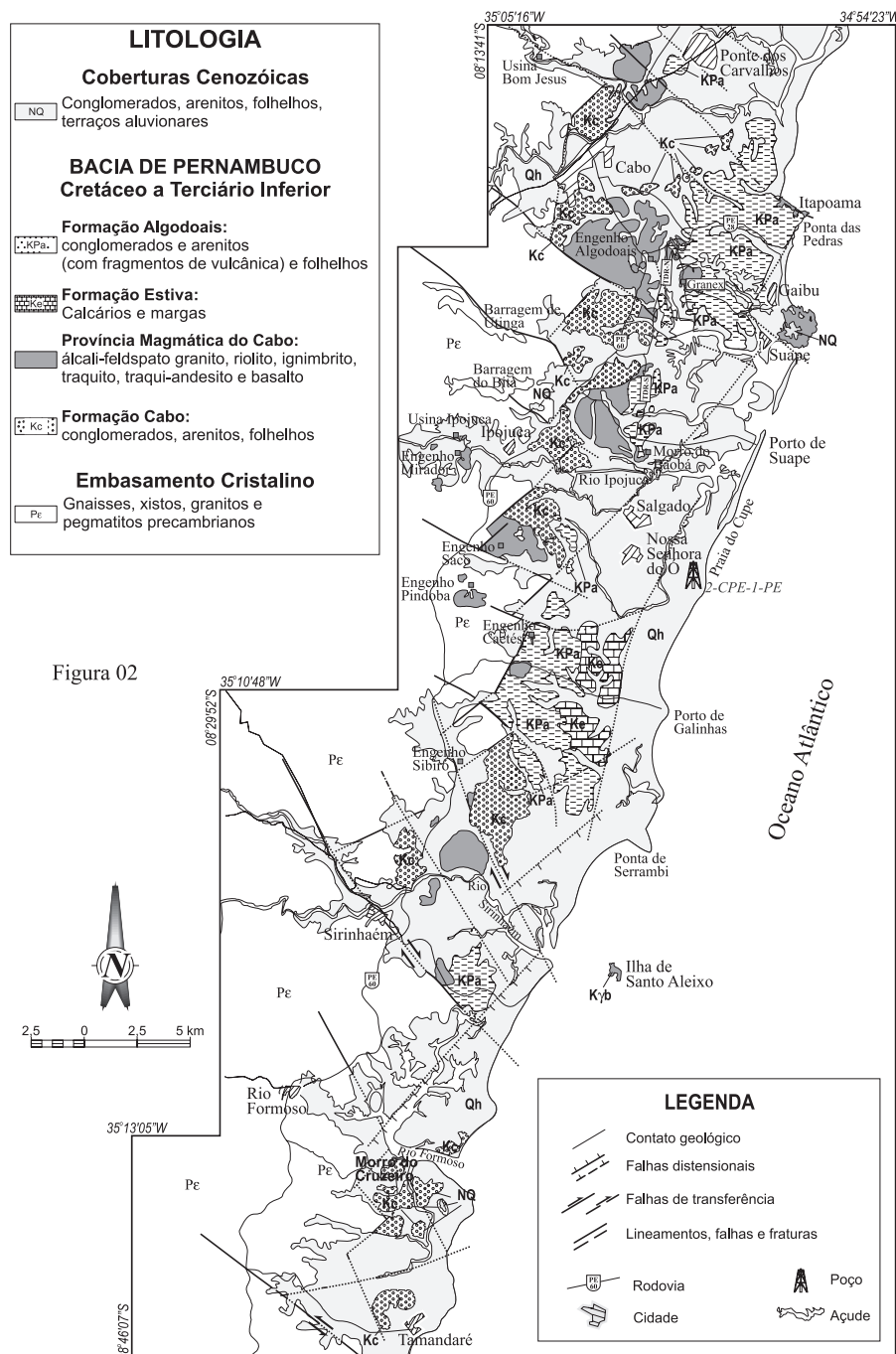


Figura 2 – Mapa geológico da Bacia de Pernambuco, enfatizando as unidades sedimentares cretácicas (modificado de Lima Filho, 1998).

ii) fácies mediana composta por arenitos conglomeráticos a médios, arcoseanos e imaturos, e iii) fácies distal composta por arenitos arcoseanos finos, intercalados com camadas argilosas, além de folhelhos pretos anóxicos.

As rochas da Província Magmática do Cabo (PMC) também fazem parte da seção rifte da Bacia de Pernambuco (Lima Filho, 1998; Nascimento, 2003; Jardim de Sá *et al.*, 2003a, 2004; Almeida *et al.*, 2003). A PMC foi descrita pela primeira vez por Sial (1976), compreendendo uma série de rochas vulcânicas e hipabissais, incluindo traquitos, riolitos, basaltos, ignimbritos e um plúton granítico, o Granito do Cabo, alojado em nível crustal elevado. Além das formas intrusivas rasas, a ocorrência de derrames e depósitos piroclásticos sugerem que o magmatismo foi sincrônico à sedimentação rifte. Fragmentos de traquitos e riolitos encontrados em fluxos piroclásticos (ignimbritos) também apontam para sucessivos pulsos de alojamento de rochas ígneas, durante a fase rifte na Bacia de Pernambuco (Nascimento, 2003; Almeida *et al.* 2003).

Representando a fase drifte da bacia, são encontrados calcários e margas da Formação Estiva, com idades variando entre o Cenomaniano e o Campaniano, caracterizando uma sequência transgressiva (Lima Filho, 1998). Após o Campaniano, ocorreu um segundo ciclo de sedimentação, marcado por uma sequência regressiva (Formação Algodoads) envolvendo um sistema fluvial entrelaçado a meandrante, caracterizado por conglomerados, arenitos médios a finos e argilitos. Por fim, sucedendo todas as litologias precedentes, ocorrem rochas da Formação Barreiras, terraços pleistocênicos e sedimentos quaternários (Lima Filho, 1998; Cruz *et al.*, 2003, 2004).

ARCABOUÇO ESTRUTURAL

O arcabouço estrutural da Bacia de Pernambuco foi definido principalmente no Eo-Cretáceo superior (Aptiano-Albiano), antes e durante o alojamento da PMC (Lima Filho, 1998; Jardim de Sá *et al.*, 2003a,b). Em escala regional, as principais estruturas são os *grabens* assimétricos do Cupe e de Piedade, separados pelo Alto de Santo Agostinho (Lima Filho, 1998). Essas estruturas envolvem os pacotes mais espessos da Formação Cabo, bem como o maior volume de rochas magmáticas da PMC, na Bacia de Pernambuco emersa.

A evolução estrutural e tectônica da Bacia de Pernambuco foi descrita inicialmente por Rocha & Silva Filho (1991) e posteriormente por Polônia (1997), Lima Filho (1998), Cruz (2002) e Jardim de Sá *et al.* (2003a,b). De acordo com esses autores, a referida bacia seria controlada por um sistema de falhas normais na borda e internas à bacia, com direção principalmente NE, e falhas de transferência, predominantemente dextróginas, de direção NW, sendo que ambas definem um eixo principal de distensão (s_3) de orientação NW. As direções observadas para os grandes falhamentos coincidem com elementos da estruturação dúctil-rúptil no embasamento pré-cambriano da bacia.

A PROVÍNCIA MAGMÁTICA DO CABO: RELAÇÕES DE CAMPO

A Bacia de Pernambuco apresenta uma variedade de rochas vulcânicas e hipabissais que revelam diferentes relações entre si e com as rochas sedimentares (mais detalhes podem ser obtidos em Nascimento, 2003; Almeida *et al.*, 2003; Jardim de Sá *et al.*, 2003a, 2004). Diversos critérios tais como padrões estruturais, mineralogia, tex-

turas e efeitos de contatos, foram aplicados durante o mapeamento das unidades geológicas, permitindo definir a estratigrafia magmática da PMC, mesmo considerando as dificuldades geradas pela descontinuidade dos corpos, o forte intemperismo, a atividade antrópica e as coberturas cenozóicas, características da região.

Observações de campo sugerem a existência de, pelo menos, seis unidades magmáticas. A figura 3 é um detalhe da figura 2, salientando as rochas magmáticas da PMC na região estudada. Foram distinguidos dois centros magmáticos principais, cada um com uma forma elíptica alongada na direção N-S. O primeiro, a sudeste da Cidade do Cabo, inclui as maiores ocorrências de derrames de traquitos, além de pequenos domos e *plugs* de riolitos (oeste da cidade de Ponte dos Carvalhos, Engenho Algodoads, Morro do Baobá). O segundo centro, com afloramentos a oeste e sul da cidade de Ipojuca e a norte e sul do Rio Sirinhaém, engloba principalmente domos riolíticos, *plugs* e derrames piroclásticos, bem como alguns basaltos e traqui-andesitos. O riolito da Ilha de Santo Aleixo, localizada a leste da vila de Barra de Sirinhaém e o Granito do Cabo (entre as praias de Gaibu e Suape), são considerados como centros isolados.

BASALTOS E TRAQUI-ANDESITOS

Estas rochas são caracterizadas por texturas muito finas, afaníticas ou até mesmo vítreas. Em campo, é difícil a distinção entre esses dois tipos litológicos, sendo mais bem individualizados através de dados petrográficos e geoquímicos (mais detalhes ver Nascimento, 2003). Nos basaltos, podem ocorrer pequenos cristais verdes de olivina, entretanto, usualmente essas rochas estão fortemente alteradas para um material regolítico de cor preta a marrom (Fig. 4a). As melhores exposições encontram-se no Engenho Sibiró,

a NE da Cidade de Sirinhaém, provavelmente ocorrendo como soleiras (ou derrames) em arenitos da Formação Cabo. Em outros lugares (exemplo da Estrada TDR e Engenho Ilhas), os basaltos e traqui-andesitos (Fig. 4b) aparentam ocorrer sob a forma de derrames sotopostos às rochas da Formação Algodoads. A relação de contato entre essas rochas e os outros litotipos magmáticos da Bacia de Pernambuco não foram observadas.

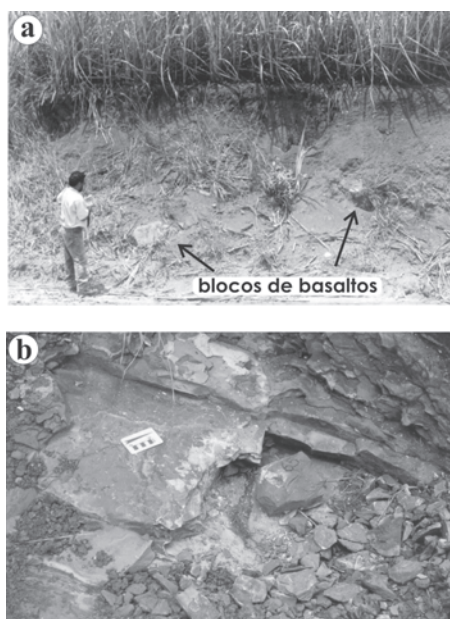


Figura 4 – Aspectos de campo dos basaltos e traqui-andesitos. (a) Blocos de basaltos em solo regolítico nas proximidades do Engenho Sibiró. (b) Traqui-andesito de textura fina, bastante semelhante aos basaltos (margem da PE-60, a sul de Ipojuca).

TRAQUITOS

As maiores exposições de traquitos ocorrem próximo ao Engenho Algodoads e nas praias de Itapoama e Ponta das Pedras. Nesses locais, os traquitos usualmente apresentam textura porfirítica, com fenocristais de sanidina de tamanho milimétrico e de cor vermelha, imersos em matriz fina (Fig. 5a). Ocorrem, ainda, traquitos sem fenocristais (afíricos), mas comumente com

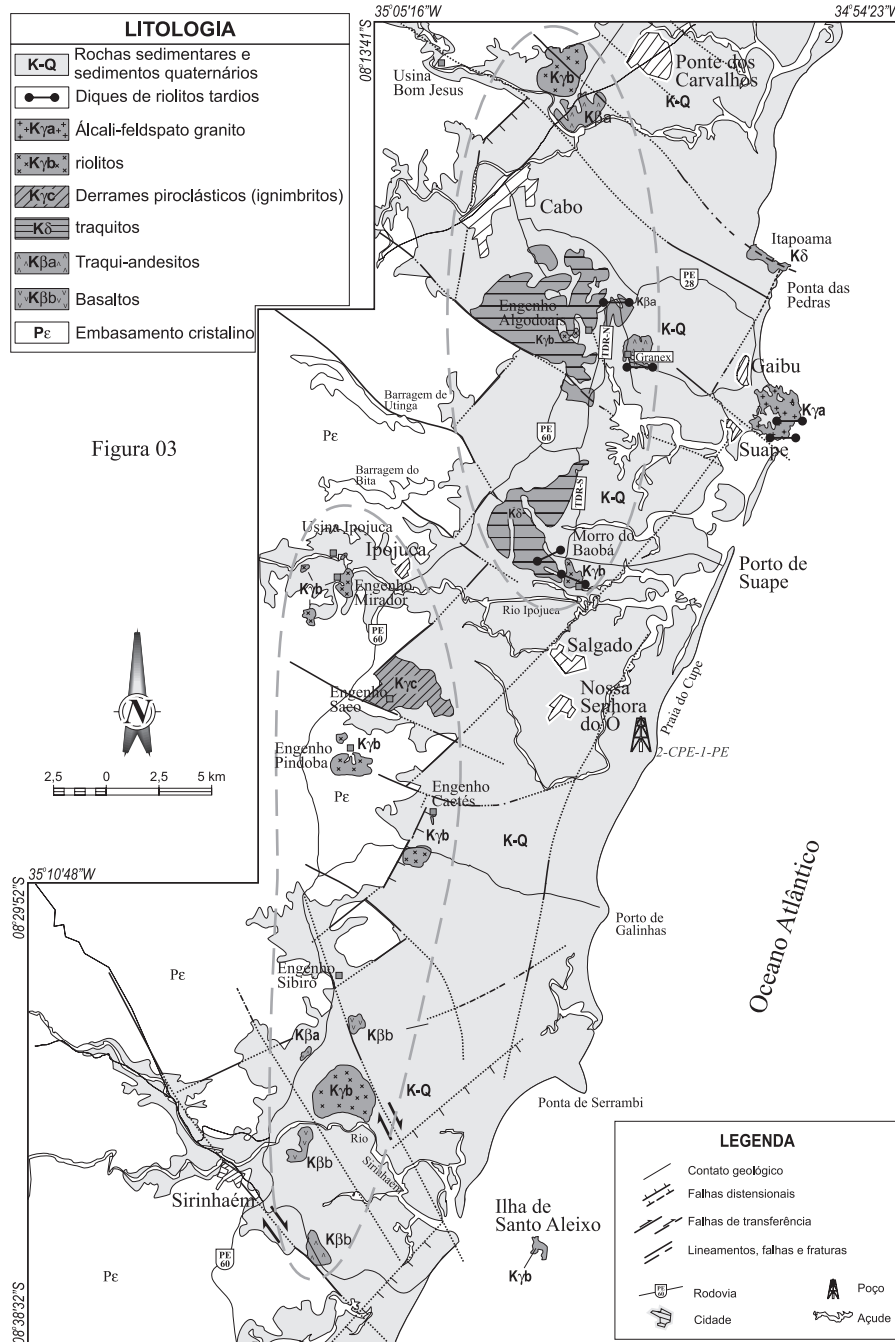


Figura 3 – Mapa geológico da Província Magmática do Cabo (modificado de Lima Filho, 1998 e Nascimento, 2003). As principais ocorrências estão agrupadas em dois centros magmáticos (tracejado cinza), alinhados na direção N-S.

concentrações de amígdalas, próximo ao topo dos derrames. As amígdalas são preenchidas por carbonato, zeólita e calcedônia. A orientação de fenocristais de sanidina produz uma lineação de direção aproximadamente E-W, caracterizando a direção do fluxo de magma.

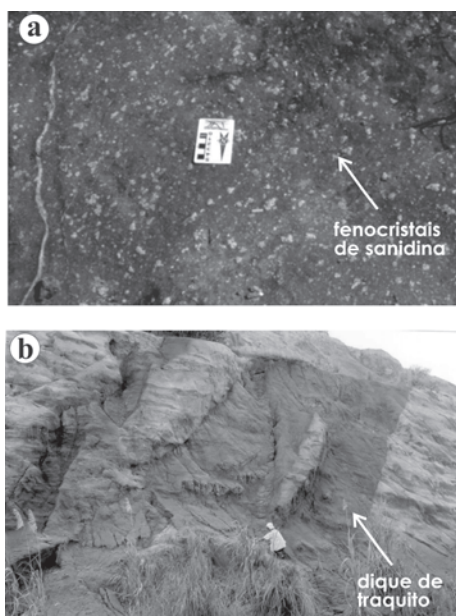


Figura 5 – Aspectos de campo dos traquitos. (a) Textura porfirítica com fenocristais de sanidina, nos traquitos da Praia de Itapoama, que ocorrem sob a forma de soleira. (b) Dique subvertical de traquito cortando arenitos da Formação Cabo (a norte da Cidade de Ipjuca).

Os traquitos ocorrem como soleiras e derrames, principalmente próximos a sudeste da Cidade do Cabo, e esporadicamente como diques cortando os conglomerados e arenitos da Formação Cabo (Fig. 5b). Os diques possuem direção preferencialmente NE-SW e E-W e apresentam mergulhos moderados a subverticais (65° - 85°). Dados obtidos através de poços profundos (2-CPE-1-PE e 9-JG-1-PE) ou rasos su-

gerem espessuras de até 100 m para corpos tabulares (derrames e soleiras; Amaral & Menor, 1979; Lima Filho, 1998). Em alguns locais (Morro do Cruzeiro na foz do Rio Formoso, p.ex.), traquitos de textura fina definem um derrame sotoposto a arenitos médios a grossos da Formação Cabo, os quais, por sua vez, contêm pequenos fragmentos desses traquitos (Jardim de Sá *et al.*, 2003a, 2004; Almeida *et al.*, 2003). Ambos os litotipos capeiam diretamente o embasamento cristalino e evidenciam que o magmatismo é, pelo menos parte, sincrônico à deposição da Formação Cabo.

Na porção inferior da Formação Algodoados são encontrados conglomerados com clastos decimétricos a métricos, subarredondados, de traquitos; nenhum corpo intrusivo de traquito foi observado nesta formação.

RIOLITOS

Os riolitos ocorrem tipicamente como pequenos *plugs*, domos, soleiras, diques e derrames. Eles são encontrados cortando o embasamento pré-cambriano ou os arenitos da Formação Cabo. Uma feição importante é a ocorrência de texturas de mistura e imiscibilidade parcial de líquidos riolítico e traquítico, sugerindo contemporaneidade (local ?) entre corpos dessas composições (Almeida, 2003; Almeida *et al.*, 2003).

Freqüentemente, são observadas disjunções colunares cujas colunas se dispõem de forma vertical (Fig. 6a) ou horizontal.

Duas fácies principais de riolitos foram reconhecidas na PMC (Frutuoso Jr., 2002; Nascimento *et al.*, 2002b):

- (1) A primeira fácies (Usina Ipjuca, Morro do Baobá e Engenhos Caetés, Algodoados e Pindoba) possui textura porfirítica com fenocristais milimétricos de

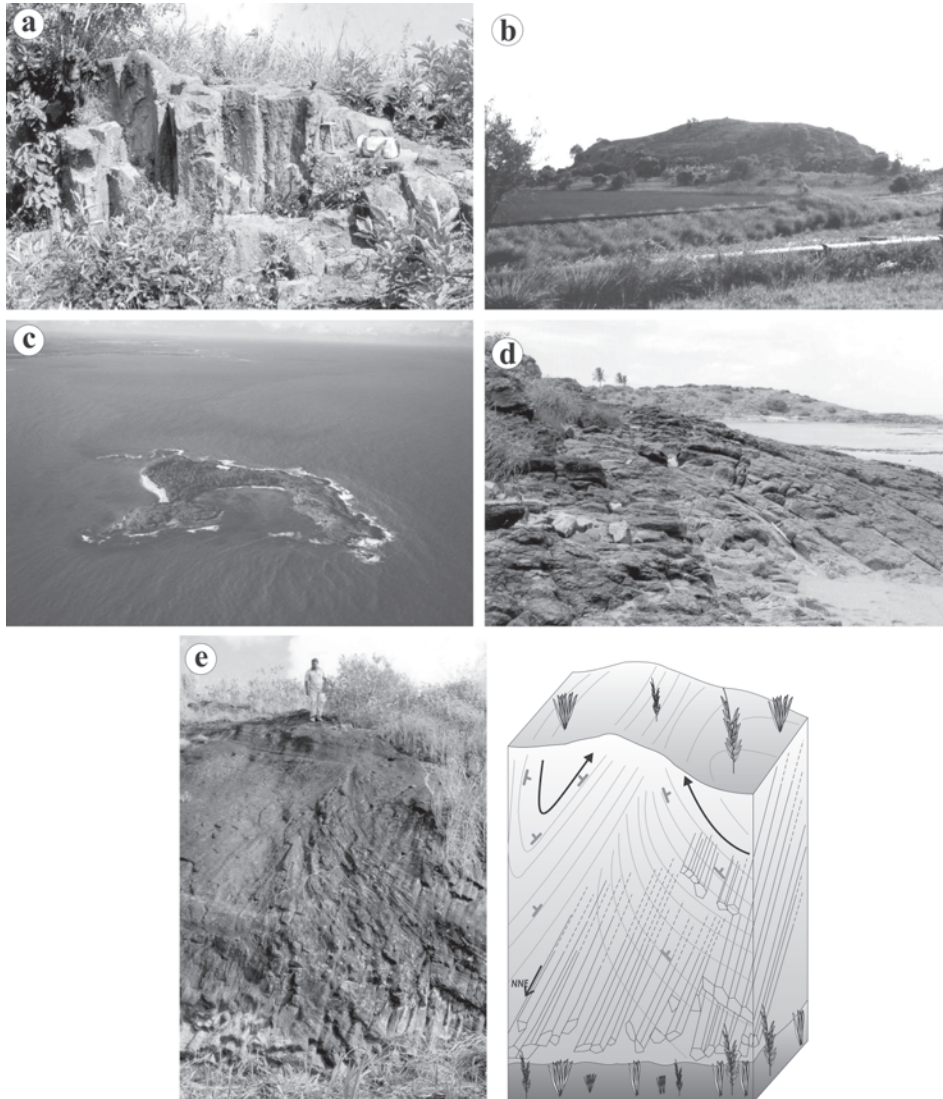


Figura 06

Figura 6 – (a) Disjunções colunares verticais em riolitos do Engenho Algodoads. (b) Visão geral do Morro do Baobá, formado por riolitos intercalados em rochas siliciclásticas da Formação Cabo. (c) Aspecto geral da Ilha de Santo Aleixo, formada por riolitos. (d) Superfície magmática encurvada dos riolitos da Ilha de Santo Aleixo. (e) Superfície magmática encurvada e disjunções colunares de mergulho moderado nos riolitos do Engenho Mirador, com desenho interpretativo.

- quartzo e sanidina, e matriz fina a vítrea. Próximo à Usina Ipojuca ocorre um *plug* com 60 m de altura e extensão em área de 0,75 km². Nele, os eixos das disjunções colunares são horizontais, e linhas de fluxo magmático ocorrem de forma radial. No mesmo *plug*, a superfície de fluxo está localmente dobrada. No Morro do Baobá (Fig. 6b), corpos de riolito estão intercalados com arenitos da Formação Cabo, que por sua vez apresentam níveis conglomeráticos com fragmentos de riolitos e traquitos, caracterizando a ocorrência de derrames.
- (2) A segunda fácies está representada por rochas afíricas, onde os cristais de quartzo podem ser reconhecidos somente com o auxílio de lupa de mão. O principais locais de ocorrência desta fácies são Sítio dos Anjos, Engenho Mirador e a Ilha de Santo Aleixo (Fig. 6c). Nesta ilha, a superfície magmática pode se apresentar suave (Fig. 6d) ou dobrada. O *plug* Mirador exhibe disjunções colunares encurvadas, mergulhando para NE. A geometria dessas disjunções foi interpretada como reflexo de possíveis celas de convecção no conduto vulcânico (Fruetoso Jr., 2002) (Fig. 6e).

ROCHAS PIROCLÁSTICAS (IGNIMBRITOS)

Ignimbritos são definidos como sendo rochas piroclásticas compostas predominantemente por material vesicular (púmices e fragmentos), mostrando feições indicativas de origem por fluxo piroclástico (Sparks *et al.*, 1973). Geralmente, os depósitos de ignimbritos apresentam porcentagens variadas de cinza e fragmentos líticos, podendo ser gerados por qualquer tipo de magma (Fisher & Schmincke, 1984).

A Bacia de Pernambuco apresenta, pelo menos até o momento, o único exem-

plo conhecido de ignimbritos de idade cretácea, no Brasil, sendo caracterizado como depósito piroclástico de fluxo. O mesmo está em contato por falhas normais, de direção NE-SW, com o embasamento, e capeado por litotipos da Formação Algodoados (lateralmente, ou sotoposta, deve haver relação com a Formação Cabo). O principal local de ocorrência desses ignimbritos é a região conhecida como Pedreira do Engenho Saco (Fig. 7a).

Os depósitos são pouco selecionados e maciços, fortemente compactados e soldados; mostram uma matriz fina de cor cinza a creme, contendo fragmentos de púmices achatados (*fiammes*) (Fig. 7b). A forma achatada dos púmices e *fiammes* indicam que a compactação sofrida pelos ignimbritos ocorreu a altas temperaturas (Smith & Cole, 1997; Kurchavov & Shatagin, 1999). Na área de melhor e maior exposição, os ignimbritos apresentam fragmentos abundantes de rochas do embasamento cristalino, especialmente paragneisses, ortogneisses (Fig. 7c) e granitóides de dimensões milimétricas a decimétricas, bem como de rochas vulcânicas finas (traqui-andesito e riolito) (Fig. 7d). Estes são discóides, irregulares ou curvos, e sua orientação define uma superfície subhorizontal, que desvia dos fragmentos supramencionados. A forma dos fragmentos depende do plano de observação. Os tipos mais equidimensionais são vistos em seções paralelas à superfície magmática (equivalente à superfície XY do elipsóide de *strain*); em cortes ortogonais a este ocorrem formas retangulares ou muito alongadas, e o conjunto de formas indica predomínio de achatamento (elipsóide de *strain* oblato). Algumas estimativas de assimetria dos *fiammes* obtidos na mesma pedreira sugerem um sentido de fluxo / transporte de material piroclástico com topo para 60°Az.

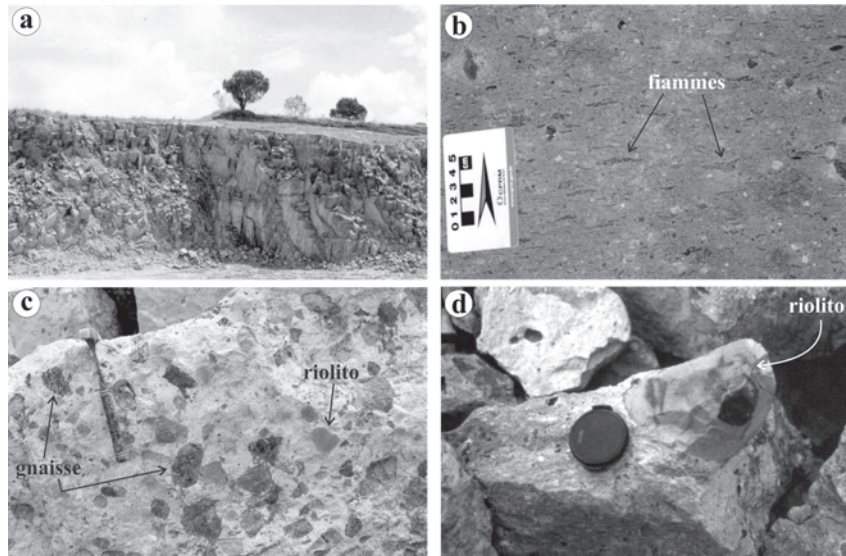


Figura 7 – Aspectos de campos dos ignimbritos a norte do engenho homônimo. (a). Visão geral da Pedreira do Engenho Saco (cerca de 25 m de altura). (b) Ignimbrito fortemente soldado, com fiammes definindo uma superfície planar. (c). Fragmentos de rochas do embasamento pré-cambriano e vulcânicas. (d). Fragmento decimétrico de riolito de textura fina.

O GRANITO DO CABO

O Granito do Cabo constitui um pequeno *stock* semicircular, com cerca de 4 km² e cota máxima de 60 m. Ele forma um promontório entre as vilas de Gaibu e Suape. A sua borda oeste é parcialmente coberta por rochas sedimentares das formações Algodoadas e Barreiras, enquanto que as margens norte, leste e sul limitam-se com o oceano. Dados geofísicos (Araújo, 1994) e geológico-estruturais de superfície permitem interpretar o Granito do Cabo como tendo uma forma tabular e posicionamento intrusivo nas rochas siliciclásticas da Formação Cabo (Cruz 2002; Almeida *et al.*, 2003; Jardim de Sá *et al.*, 2003a).

Com base em feições de campo e texturais, duas fácies podem ser individualizadas no Granito do Cabo (Nascimento, 2003). A principal, volumetricamente dominante no corpo, tem textura média a grossa e cor cinza esbranquiçada a rósea. A segunda é formada por autólitos de microgranitos, de textura fina,

cor cinza, formas irregulares ou ocasionalmente elípticas (Fig. 8a), sendo encontrados principalmente nas bordas nordeste e leste do corpo. No extremo leste do promontório ocorre um extenso cordão de brechas magmáticas, contendo fragmentos caóticos e blocos de granito equigranular com textura mais fina do que a rocha hospedeira (Fig. 8b). Em ambas as fácies existem cavidades miarolíticas de dimensões milimétrica a decimétrica, contendo cristais euédricos de quartzo bipiramidal e turmalina preta. Considera-se que essas cavidades são geradas através de exsolução de uma fase fluida sob baixa pressão litostática (Thorpe e Brown, 1999), conduzindo a uma estimativa de cerca de 1 a 2 km de profundidade para o seu alojamento. Essas cavidades, juntamente com a presença abundante de textura granofírica, permitem interpretar o Granito do Cabo como um corpo que atingiu a fase final de resfriamento em um nível crustal raso (Long *et al.* 1986, Nascimento *et al.*, 2002a).

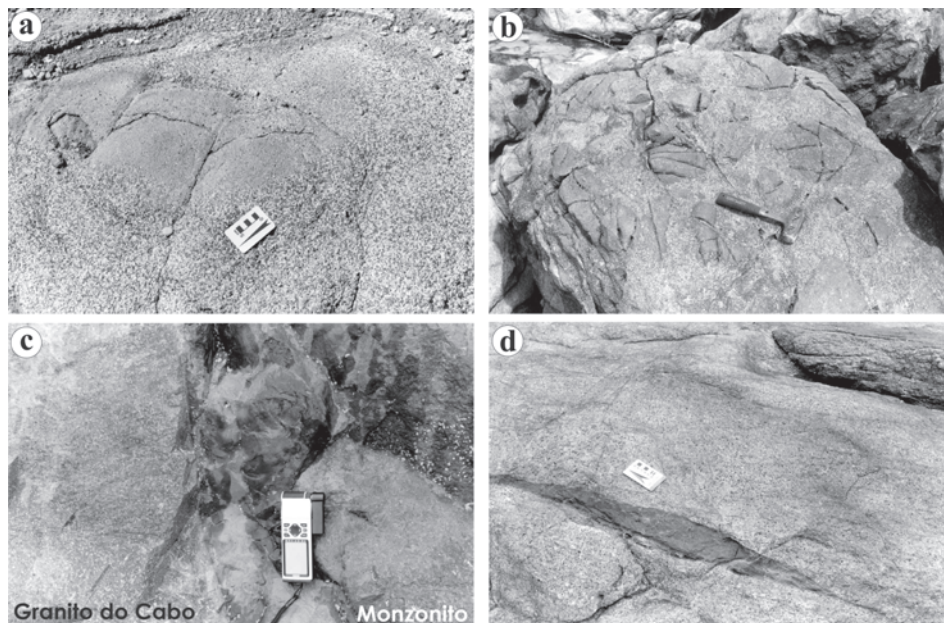


Figura 8 – Aspectos de campo do Granito do Cabo. (a) Granito porfirítico (fenocristais de quartzo e sanidina) associado a enclaves de microgranito equigranular, de forma elíptica (a SW de Gaibu). (b) Brecha magmática com mesma composição do Granito do Cabo (próximo ao Forte de Nazaré). (c) Contato abrupto entre o monzonito e o Granito do Cabo (Praia do Paraíso, a leste de Suape). (d) Veios de pseudotachilito (em preto) cortando o Granito do Cabo (Praia de Suape).

Na borda sul do plúton também se observa rochas de textura média, equigranulares, de composição monzonítica, mostrando contatos abruptos com a fácies granítica principal (Fig. 8c). Em escala macroscópica, os monzonitos são distinguidos através de sua cor escura e pela ausência de quartzo.

Menciona-se ainda a presença, nas bordas sul e nordeste do Granito do Cabo, de veios de pseudotachilito, marcando uma fase rúptil que afetou tanto o granito quanto o monzonito (Fig. 8d). Os pseudotachilitos são de cor preta e de textura criptocristalina a vítrea; via de regra apresentam clastos angulares ou subarredondados do granito e do monzonito.

RIOLITOS TARDIOS

Na PMC, riolitos porfiríticos tardios, contendo fenocristais milimétricos de quartzo e sanidina, são encontrados principal-

mente nas regiões do Engenho Algodoads, Granito do Cabo e a leste da Cidade de Ipojuca. Eles ocorrem sempre como diques de direção E-W (Fig. 9a), com mergulho subvertical (maior que 70°) ou baixo (15°-25°). Essa orientação sugere um eixo de distensão norte-sul na época de alojamento dos mesmos. Esses diques intrudem os vários outros membros da PMC, tais como o Granito do Cabo e o monzonito associado, traquitos, traqui-andesitos e os riolitos mais antigos, como exemplificados no Morro do Baobá, na Estrada TDR-Sul e na rodovia que dá acesso a Empresa Granex. Os mesmos também intrudem os veios de pseudotachilito no Granito do Cabo (Fig. 9b). Deste modo, esses diques representam a última manifestação de magmatismo cretáceo na Bacia de Pernambuco.

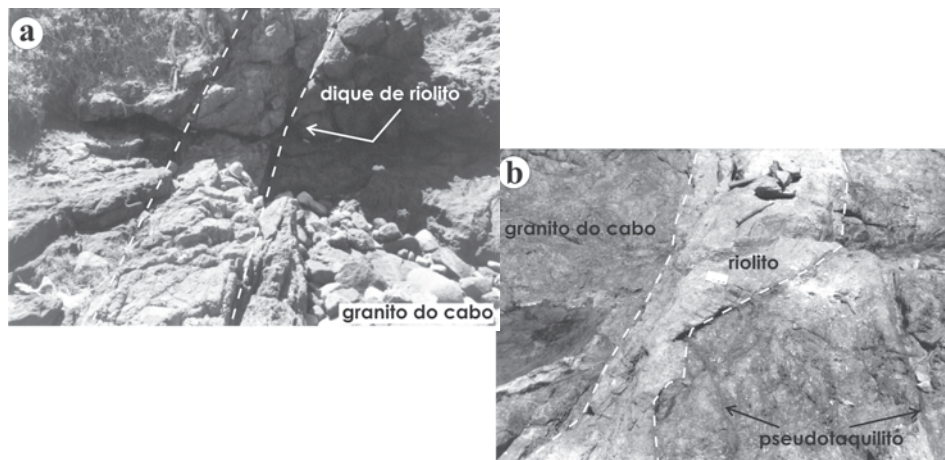


Figura 9 – Aspectos de campo dos riolitos tardios na Praia do Paraíso (a leste de Suape). (a) Dique de riolito tardio, direcionado E-W, cortando o Granito do Cabo. (b) Dique similar ao anterior, truncando o Granito do Cabo e o pseudotaquilito.

RELAÇÕES ENTRE AS ROCHAS ÍGNEAS E SEDIMENTARES

Observações de superfície (Lima Filho, 1998; Nascimento, 2003; Almeida *et al.* 2003; Cruz *et al.* 2003, 2004; Jardim de Sá *et al.* 2003a,b) e de subsuperfície (Amaral & Menor, 1979; Pinho, 1994; Souza Lima & Pinho, 1997; Jardim de Sá *et al.* 2003a) apontam para uma estreita relação entre as diferentes rochas ígneas e sedimentares na Baía de Pernambuco, especialmente no que se refere aos arenitos da Formação Cabo.

Dados de campo permitem identificar diques de traquitos subverticais, de direção NE, cortando os arenitos da Formação Cabo com acamamento de baixo ângulo, como visto na figura 5b, por vezes gerando uma borda fina de resfriamento.

Riolitos também ocorrem cortando a Formação Cabo afetando o seu acamamento. Também são encontrados riolitos intercalados nos arenitos da Formação Cabo com o conjunto capeado pelas rochas sedimentares da Formação Algodoads (Fig. 10a).

Clastos de rochas vulcânicas, nos sedimentos da Formação Cabo, foram reportados em diferentes afloramentos (Almeida, 2003; Almeida *et al.*, 2003; Jardim de Sá *et al.*, 2003a, 2004). Descrições de testemunhos dos poços 2-CPE-1-PE e 9-JG-1-PE revelam a presença de rochas vulcânicas cortando ou intercaladas na Formação Cabo (Pinho 1994, Souza Lima & Pinho 1997). De acordo com estes autores, riolitos e traquitos são as rochas mais abundantes em subsuperfície, e pelo menos parte delas provocou ilitização e silicificação nas rochas sedimentares encaixantes.

A idade mais jovem da Formação Algodoads é comprovada pelas relações de discordância (com truncamento de diques e corpos subvulcânicos), bem como pelos seixos de vulcânicas (cujas composições são predominantemente traquíticas), abundantes na sua fácies conglomerática (Lima Filho, 1998; Nascimento & Souza 2001; Jardim de Sá *et al.*, 2003a) (Fig. 10b).

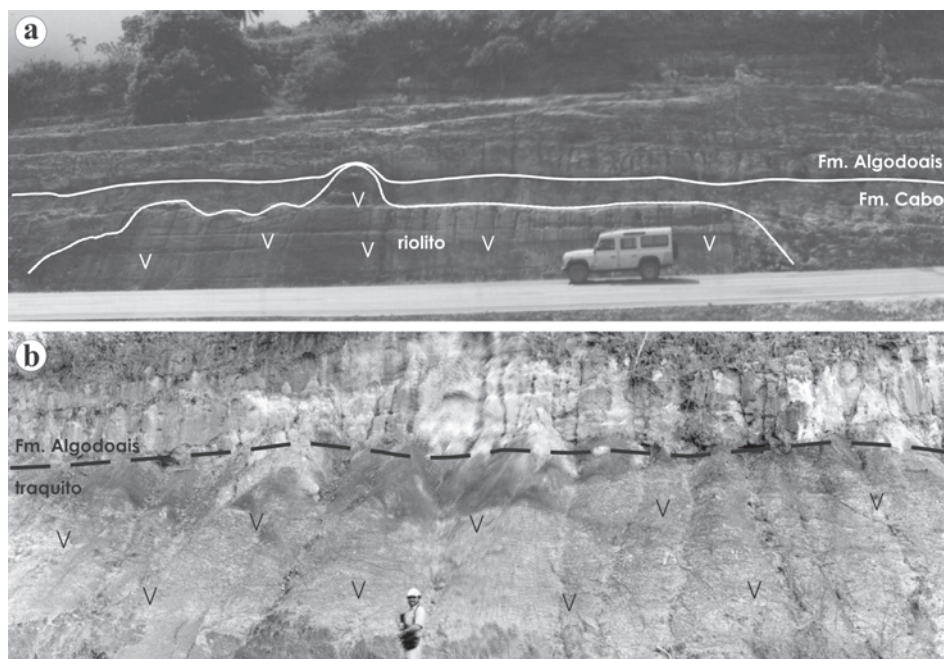


Figura 10 – Aspectos de campo das diferentes relações entre as rochas ígneas e sedimentares na Bacia de Pernambuco. (a) riolito afetando arenitos da Formação Cabo, ambos capeados pelos arenitos da Formação Algodão (estrada TDR-Norte). (b) Derrame de traquito capeado por arenitos grossos a finos da Formação Algodão, este último contendo clastos de traquitos (estrada TDR-Norte).

DISCUSSÕES E CONCLUSÕES

Este artigo demonstra que a PMC é composta por seis unidades litológicas principais englobando um grupo vulcânico (basaltos e traqui-andesitos, riolitos, traquitos, ignimbritos, riolitos tardios) e outro plutônico / hipabissal (granitos e monzonitos). Embora as relações de contato observadas em campo indiquem diferenças cronológicas no alojamento dos corpos, estas parecem ser locais, não tendo sido constatada uma cronologia sistemática entre diferentes litotipos, salvo os riolitos tardios. A penecontemporaneidade dos diferentes tipos petrográficos também é evidenciada pelos dados geocronológicos $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ disponíveis (Nascimento *et al.*, 2003; Nascimento *et al.*, 2004; Jardim de Sá *et al.*, 2004), concentrados no estreito intervalo de 102 ± 1 Ma. Ou seja, tanto o magmatismo extrusivo (derrames de basaltos, traquitos), os corpos de subsuperfície rasos

(pequenos *plugs* e domos riolíticos) e o plúton hipabissal (o Granito do Cabo), apresentam idades de refriamento/alojamento similares na margem do erro analítico. Portanto, os eventos ígneos da PMC transcorreram em um intervalo de tempo da ordem de 2 Ma (variação do desvio padrão). Em um estágio tardio, ocorreu o alojamento de enxames de diques riolíticos, estes com idade $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ de 97 ± 1 Ma (Nascimento *et al.*, 2004).

As observações de campo (Lima Filho, 1998; Cruz, 2002; Nascimento, 2003; Almeida *et al.*, 2003; Jardim de Sá *et al.*, 2003a, 2004) indicam que as rochas magmáticas estão intercaladas na seção rifte da Bacia de Pernambuco (a Formação Cabo) e são mais antigas do que as unidades da fase pós-rifte (as formações Estiva e Algodão). A ocorrência de arenitos contendo fragmentos de riolitos e traqui-andesitos (no Morro do Baobá) e de derrames de traquitos sobreposto aos mes-

mos tipos de arenitos (na base do Morro do Cruzeiro) sugerem que pelo menos parte desse magmatismo foi sincrônico à sedimentação siliciclástica (Formação Cabo).

Finalmente, os dados registrados neste artigo em conjunto com as datações recentes $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ (Nascimento *et al.*, 2003, Nascimento *et al.* 2004, Jardim de Sá *et al.*, 2004) são úteis para definir a estratigrafia da Bacia de Pernambuco, em particular da sua seção basal, a Formação Cabo. Como todas as rochas magmáticas (a exceção dos riolitos tardios com 97 ± 1 Ma) possuem idades $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ muito próximas (102 ± 1 Ma), um importante evento de geração e alojamento de magma deve ser considerado em estudos petrológicos e tectônicos futuros na Bacia de Pernambuco.

Agradecimentos

Os autores são gratos ao Programa de Recursos Humanos da Agência Nacional de Petróleo – PRH-22/ANP pelo suporte financeiro, e ao Programa de Pós-Graduação em Geodinâmica e Geofísica da Universidade Federal do Rio Grande do Norte (PPGG/UFRN) pelo apoio logístico. Agradecimentos também são feitos aos dois revisores pelas excelentes sugestões para o melhoramento do presente artigo.

REFERÊNCIAS

- Almeida, C.B. 2003. Mapeamento geológico da região do Engenho Sibiró – Porto de Galinhas (Litoral Sul, PE): contribuição à estratigrafia e à tectônica da Sub-bacia de Pernambuco. Relatório de Graduação, Departamento e Curso de Geologia, UFRN, Natal, 84p.
- Almeida, C.B.; Jardim de Sá, E.F.; Cruz, L.R.; Nascimento, M.A.L.; Alves da Silva, F.C.; Antunes, A.F.; Frutuoso Jr., L.J.; Lima Filho, M.F.; Souza, Z.S.; Guedes, I.M.G. 2003. A Suíte Magmática Ipojuca: relações e implicações tectono-estratigráficas na Sub-bacia de Pernambuco. II Congresso Brasileiro de P & D em Petróleo e Gás, Rio de Janeiro, Resumos, 49-49.
- Amaral, A.J.R. & Menor, E.A. 1979. A sequência vulcano-sedimentar cretácea da região de Suape (PE): interpretação faciológica e considerações metalogenéticas. IX Simpósio de Geologia do Nordeste, Natal/RN, vol. 1, 251-269.
- Araújo, R.D. 1994. Levantamento geofísico nos arredores do Granito de Santo Agostinho. Relatório de Graduação, Departamento de Geologia, UFPE, Recife, 64p.
- Borba, G.S. 1975. Rochas vulcânicas da faixa costeira sul de Pernambuco. “aspectos petrográficos e geoquímicos”. Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Dissertação de Mestrado, 134p.
- Branner, J.C. 1902. Geology of the Northeast Coast of Brazil. Geological Society of America Bulletin, 13: 41-98.
- Cruz, L.R. 2002. Mapeamento geológico da região de Cabo (PE), Sub-Bacia de Pernambuco. Relatório de Graduação, Departamento e Curso de Geologia, UFRN, Natal, 74p.
- Cruz, L.R.; Lima Filho, M.F.; Neumann, V.H.M.L.; Jardim de Sá, E.F.; Silva, F.C.A.; Frutuoso Jr., L.J.; Nascimento, M.A.L.; Guedes, I.M.G.; Antunes, A.F.; Almeida, C.B.; Melo, K.J.V. 2003. As unidades siliciclásticas da Sub-Bacia de Pernambuco: uma revisão lito-estratigráfica. II Congresso Brasileiro de P & D em Petróleo e Gás, Rio de Janeiro, Resumos, 50-50.
- Cruz, L.R.; Córdoba, V.C.; Matos, R.M.D.; Jardim de Sá, E.F.; Almeida, C.B.; Guedes, I.M.G.; Lima Filho, M.F. 2004. Revisão lito-estratigráfica da Sub-bacia de Pernambuco, Nordeste do Brasil. In: SBG/Núcleo NE, Cong. Bras. Geol., 42, Araxá/MG, em CD-Rom.
- Figueiredo Filho, O.A. 1980. Geoquímica e evolução tectônica da Província Magmática do Cabo – Pernambuco. Instituto de Geociências, Universidade Federal da Bahia, Salvador, Dissertação de Mestrado, 127p.
- Fisher, R.V. & Schmincke, H.-U. 1984. Pyroclastic rocks. Springer-Verlag, Berlin, 472p.

- Frutuoso Jr., L.J. 2002. Mapeamento geológico da área Suape – Nossa Senhora do Ó, Bacia de Pernambuco, com ênfase nas relações estratigráficas entre o vulcanismo (Suíte Ipojuca) e o pacote sedimentar. Relatório de Graduação, Departamento e Curso de Geologia, UFRN, Natal, 59p.
- Jardim de Sá, E.F. *et al.*, 2003a. Avaliação do Potencial Petrolífero da Bacia Pernambuco-Paraíba. Contrato ANP/UFRN/FUNPEC, Relat. Final, inédito.
- Jardim de Sá, E.F.; Silva, F.C.A.; Lima Filho, M.F.; Antunes, A.F.; Cruz, L.R.; Almeida, C.B.; Nascimento, M.A.L.; Guedes, I.M.G.; Frutuoso Jr., L.J.; Souza, Z.S.; Neumann, V.H.M.L. 2003b. As relações de borda da sequência rifte na Sub-Bacia de Pernambuco, NE do Brasil. II Congresso Brasileiro de P & D em Petróleo e Gás, Rio de Janeiro, Resumos, 47-47.
- Jardim de Sá, E.F.; Vasconcelos, P.M.P.; Kohn, B.; Matos, R.M.D.; Nascimento, M.A.L.; Souza, Z.S. 2004. Datações Ar/Ar do Magmatismo Ipojuca e a idade do rifteamento na Sub-bacia de Pernambuco, Nordeste do Brasil. In: SBG/Núcleo NE, Cong. Bras. Geol., 42, Araxá/MG, em CD-Rom.
- Kurchavov, A.M. & Shatagin, K.N. 1999. Genesis of fiamme-shaped segregations in ignimbrites of the Korgantas Massif, Central Kazakhstan: geological, petrographic and isotopic – geochemical evidence. *Petrology*, **7**: 304-321.
- Lima Filho, M.F. 1998. Análise estratigráfica e estrutural da Bacia Pernambuco. Tese de Doutorado, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 139 pp.
- Lima Filho, M.F. 2001. A bacia costeira de Pernambuco. In: SBG/Núcleo Nordeste, Simp. Nac. Est. Tect., 8, Recife, Roteiro de Excursão, 6p.
- Lima Filho, M.F. & Szatmari, P. 2002. Ar-Ar geochronology of volcanic rocks of the Cabo Magmatic Province (CMP) – Pernambuco Basin. II Simpósio sobre Vulcanismo e Ambientes Associados, Belém/PA, Resumos, 59-59.
- Long L.E.; Sial A.N.; Ekvani H.E.; Borba G.S. 1986. Origin of granite at Cabo de Santo Agostinho – Northeast Brazil. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, **92**: 341-350.
- Nascimento, M.A.L. 2003. Geologia, geocronologia, geoquímica e petrogênese das rochas ígneas cretácicas da Província Magmática do Cabo e suas relações com as unidades sedimentares da Bacia de Pernambuco (NE do Brasil). Tese de Doutorado, Pós Graduação em Geodinâmica e Geofísica, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 235p.
- Nascimento, M.A.L. & Souza, Z. S. 2001. Caracterização petrográfica e geoquímica de rochas traquíticas na Província Magmática do Cabo, Bacia de Pernambuco, Nordeste do Brasil. In: XIX Simpósio de Geologia do Nordeste, Natal/RN, Resumos, 264-265.
- Nascimento, M.A.L.; Souza, Z.S.; Galindo, A.C. 2002a. Textura granofírica nas rochas do Granito do Cabo de Santo Agostinho, Província Magmática do Cabo, Bacia de Pernambuco (Nordeste do Brasil): implicações geodinâmicas. *Revista de Geologia*, **15**: 101-107.
- Nascimento, M.A.L.; Souza, Z.S.; Lima Filho, M.F. 2002b. Estudo petrográfico e geoquímico de rochas riolíticas na Província Magmática do Cabo e sua relação com as rochas sedimentares da Bacia de Pernambuco (Nordeste do Brasil). XLI Congresso Brasileiro de Geologia, João Pessoa/PB, vol.1, 603-603.
- Nascimento, M.A.L.; Vasconcelos, P.M.; Souza, Z.S.; Jardim de Sá, E.F.J.; Carmo,

- I.O.; Thiede, D. 2003. $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ Geochronology of the Cabo Magmatic Province, Pernambuco Basin, NE Brazil. *South American Symposium on Isotope Geology*, **4**: 624-628.
- Nascimento, M.A.L.; Vasconcelos, P.M.; Souza, Z.S.; Carmo, I.O. 2004. Estratigrafia geocronológica $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ do Granito do Cabo e rochas associadas, Bacia de Pernambuco, Nordeste do Brasil. In: SBG/Núcleo NE, Cong. Bras. Geol., 42, Araxá/MG, em CD-Rom.
- Pinho, G.C. 1994. Descrição das lâminas delgadas de amostras de calha do Poço 2-CPE-1-PE. Aracaju/SE, DENEST/DIREX/SELAG, PETROBRAS, Publicação interna. 33p.
- Polonia, J.A.P. 1997. Geometria e cinemática do Rife do Cabo, litoral sul do Estado de Pernambuco. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 132p.
- Rocha, D.E.G.A & Silva Filho, M.A. 1991. O "rift" do Cabo. In: SBG/Núcleo Nordeste, Simp. Geol. NE, 14, Recife, *Boletim* 12, 86-87.
- Sial, A.N. 1976. The magmatic province of Cabo de Santo Agostinho, Pernambuco: a Brazilian record of the ascension plume activity in the past. III Latin-American Geological Congress, Acapulco, Proceedings 1, 105-105.
- Sial, A.N.; Long, L.E.; Borba, G.S. 1987. Field trip guide excursion: cretaceous magmatic province of Cabo, Pernambuco, Northeastern Brazil. *Revista Brasileira de Geociências*, **17**: 667-673.
- Smith, T.R. & Cole, J.W. 1997. Somers Ignimbrite Formation: cretaceous high-grade ignimbrites from South Island, New Zealand. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, **75**: 39-57.
- Souza Lima, W. & Pinho, G.D.C. 1997. Petrographic characterization of the syn-rift volcanics from the Cabo Province, northeastern Brazil and its relations to the surrounding sediments. In: IGCP Project 381 – South Atlantic Mesozoic Correlations, Rio de Janeiro, *SAMC News*, v. 7, p. 18-20.
- Sparks, R.S.J.; Self, S.; Walker, G.P.L. 1973. Products of ignimbrites eruptions. *Geology*, **1**: 115-118.
- Thorpe, R. & Brown, G. 1985. The field description of igneous rocks. John Wiley & Sons, London, 154p.
- Vandoros, P.; Cordani, U.; Matzko, J.J. 1966. Idades absolutas das rochas ígneas da região do cabo. In: SBG/Núcleo Sudeste, Cong. Bras. Geol., 20, Vitória, *Anais*, **1**: 64-66.
- Vandoros, P. & Valarelli, J.V. 1976. Geologia da região do Cabo de Santo Agostinho, PE. In: SBG/Núcleo Minas Gerais, Cong. Bras. Geol., 29, Ouro Preto, *Res. Comum.*, 19-19.