

Tectônica e relações estratigráficas na Sub-bacia de Pernambuco, NE do Brasil: contribuição ao conhecimento do Rifte Sul-Atlântico

Tectonics and stratigraphic relationships in the Pernambuco Sub-basin, NE Brazil: contribution to the knowledge of the South Atlantic Rift

Camilla Bezerra de Almeida | Liliane Rabêlo Cruz | Emanuel Ferraz Jardim de Sá
Paulo Marcos de Paula Vasconcelos | Walter Eugênio de Medeiros

resumo

A Bacia Pernambuco-Paraíba foi implantada ao final do processo de ruptura entre a América do Sul e a África, no Eocretáceo. O segmento sul desta bacia (Sub-bacia de Pernambuco, SBPE) estende-se do Lineamento Pernambuco até o Alto de Maragogi, limite com a Bacia Sergipe-Alagoas.

A estratigrafia da SBPE é composta, na base, por uma seqüência rifte vulcanossedimentar (siliciclásticos da Formação Cabo intercalados ou intrudidos por corpos da Suíte Magmática Ipojuca), de idade mesoap-tiana-mesoalbiana, que repousa em contato por falha ou não-conformidade sobre o embasamento pré-cambriano. Sobreposta a essas unidades, em discordância angular, encontram-se os carbonatos e siliciclásticos da Formação Estiva, de idade cenomaniana-santoniana, que definem o início do estágio drifte transgressivo. Alternativamente, a seqüência rifte é capeada em discordância pelas rochas siliciclásticas da Formação Algodoads (atribuída ao Paleógeno), parte de uma seqüência superior regressiva. No continente, o registro mais jovem da seqüência regressiva inclui a Formação Barreiras e coberturas quaternárias.

Pelo menos três eventos deformacionais foram reconhecidos na SBPE. O evento mais antigo, e que define o arcabouço da bacia, está relacionado ao estágio rifte, controlado por distensão NW. Este evento compreende falhas normais de alto e baixo ângulos com direção NE, e falhas de transferência NW. Esse estilo é mapeado na porção *offshore* da bacia por meio de dados gravimétricos e sísmicos, que permitem delinear sistemas de meio-grábens separados por um grande alto tectônico paralelo à costa. Além dos sistemas de leques aluviais da Formação Cabo, que acompanham as falhas de borda, o alojamento dos corpos ígneos da Suíte Ipojuca também foi controlado por este evento, o que indica que a atividade tectônica sin-rifte se estendeu até o Mesoalbiano.

Os dois eventos mais recentes atingem as unidades do estágio drifte; o mais jovem afeta a Formação Barreiras.

(originais recebidos em 03.08.2005)

Palavras-chave: Bacia Pernambuco-Paraíba | Sub-bacia de Pernambuco | estratigrafia | estruturas sin-rifte | Magmatismo Ipojuca | rifte

abstract

The Pernambuco-Paraíba Basin is related to the final stages of the breakup between South America and Africa during the early Cretaceous. The southern segment of this basin (the Pernambuco Sub-basin, SBPE) extends from the Pernambuco Lineament to the Maragogi High, at the border with the Sergipe-Alagoas Basin.

The stratigraphy of the SBPE comprises a basal volcanosedimentary rift sequence (siliciclastics of the Cabo Formation interlayered and intruded by the Ipojuca Magmatic Suite) of Mesoptian-Mesoalbian age, which overlies the precambrian basement through non-conformity or fault contacts. The onset of the drift stage is marked by the carbonates and siliciclastics of the Estiva Formation, which define a transgressive sequence of Cenomanian-Santonian age. In most cases, the rift sequence is directly overlain by the siliciclastics of the Algodois Formation, a regressive sequence which reworked sources internal to the basin. In the continent, the youngest units of the regressive sequence correspond to the Barreiras Formation and quaternary covers.

At least three deformation events were recognized in the SBPE. The oldest one defines the structural framework of the basin, being related to the rift stage, controlled by a NW extension kinematics. This event comprises NE-trending, high or low-angle normal faults connected through NW-trending transfer faults. This style is also mapped in the offshore basin using gravity and seismic data, allowing to recognize half-graben systems separated by a major tectonic high trending parallel to the coast. Besides the Cabo Formation alluvial fans that follow the border faults, the emplacement of the igneous bodies of the Ipojuca Suite was also controlled by this event, implying that rift fault activity was still active during Mesoalbian times.

Two younger events overprint the drift sequences, generating new faults or reactivating the rift stage structures; the Barreiras Formation is affected by the youngest one.

(expanded abstract available at the end of the paper)

Keywords: Pernambuco-Paraíba Basin | Pernambuco Sub-basin | stratigraphy | syn-rift structures | Ipojuca Magmatism | rift

introdução

A Bacia Pernambuco-Paraíba ocupa, em sua porção emersa, a faixa litorânea entre os estados de Pernambuco e Rio Grande do Norte (Feijó, 1994; Lima Filho, 1998). A bacia é dividida em dois compartimentos, a Sub-bacia da Paraíba (SBPB) a norte, e a Sub-bacia de Pernambuco (SBPE) a sul, separados pelo Lineamento Pernambuco. Esta última se delimita com a Bacia Sergipe-Alagoas através do Alto de Maragogi. A origem desta bacia, e suas congêneres da margem leste, está relacionada à abertura do Atlântico Sul, sendo considerada um dos últimos elos de ligação continental entre a América do Sul e a África (Matos, 1999).

A SBPE apresenta, em terra, as exposições mais setentrionais do rifte da margem leste. Em *offshore*, o conhecimento atual é restrito, principalmente em face da ausência de poços exploratórios. Deste modo, enfoca-se aqui, prioritariamente, o arcabouço estrutural da sub-bacia no continente, através dos seus estilos estruturais e indicadores cinemáticos. Para tanto, foram desenvolvidos mapeamentos de detalhe e regional, aos quais se adicionam os dados de dois poços perfurados na zona litorânea (Cupe e Piedade), além de poços rasos na região de Suape (para estes últimos ver Amaral e Menor, 1979). Para o setor *offshore*, os dados do continente servem como um modelo para a interpretação de dados de métodos potenciais e linhas sísmicas, que constituem a única fonte de informação para este segmento da bacia. Esses trabalhos incluíram os relatórios de graduação de duas autoras (Rabêlo Cruz, 2002; Almeida, 2003), e foram desenvolvidos no âmbito do Projeto de Revisão Geológica e Avaliação do Potencial Petrolífero da Bacia Pernambuco-Paraíba, executado por uma equipe do Programa de Pós-Graduação em Geodinâmica e Geofísica da Universidade Federal do Rio Grande do Norte, para a Agência Nacional de Petróleo - ANP (Jardim de Sá, 2003).

estratigrafia da Sub-bacia de Pernambuco

A coluna estratigráfica desta sub-bacia foi abordada mais recentemente por Feijó (1994) e Lima Filho (1998), tendo sido objeto de revisão por parte do Projeto acima referido. Na figura 1, ilustra-se a coluna e a distribuição das unidades na área mapeada.

A porção inferior da coluna é composta pela seqüência rifte, vulcanossedimentar (siliciclásticos da Formação Cabo e Suíte Magmática Ipojuca; não são conhecidas unidades pré-rifte), que repousa em contato por falha ou não-conformidade sobre o embasamento cristalino pré-cambriano do Maciço Pernambuco-Alagoas (ver também a figura 3). A Formação Cabo é caracterizada por sistemas de leques aluviais que acompanham as falhas de borda. Estes sistemas são compostos por conglomerados polimíticos e polimodais, contendo seixos e matacões de rochas do embasamento cristalino (figs. 2 e 3) e, nas porções mais distais, por arenitos médios a grossos (fig. 3) depositados por fluxos de alta densidade, do tipo *sheet sands* (Rabêlo Cruz, 2002). Estes litotipos estão lateralmente relacionados a sistemas lacustres, que afloram de forma descontínua, incluindo folhelhos carbonosos com restos de vegetais intercalados com siltitos e arenitos médios a finos, que normalmente apresentam as seqüências *c* e *d/e* de Bouma (fig. 4).

A Suíte Magmática Ipojuca - SMI é constituída principalmente por rochas vulcânicas a hipabissais, com posicionamento sincrônico à sedimentação (derrames, caracterizados por seixos nos níveis sobrepostos) e falhamentos, ou subseqüentes (fig. 5; essas feições foram abordadas por Jardim de Sá *et al.* 2005). Dados micropaleontológicos da Formação Cabo (ocorrência das palinozonas P-260 a P-280 no Poço do Cupe), e a idade média de 102 ± 2 Ma (datações $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$, Nascimento *et al.* 2003) para a Suíte Ipojuca, indicam que o estágio rifte na SBPE se estendeu do Mesoptiano ao Mesoalbiano (Jardim de Sá 2003, 2004).

As unidades precedentes podem ser capeadas, em discordância angular (equivalente à dis-

cordância rifte-drifte, mapeada em seções sísmicas – ver exemplo na fig. 12), pelos carbonatos e siliciclásticos da Formação Estiva (de idade Cenomaniana-Santoniana), que compõem a seqüência transgressiva do estágio rifte.

Também em contato discordante (correlacionado ao limite K-T), muitas vezes capeando diretamente a seqüência rifte (fig. 6), ocorrem as rochas siliciclásticas da Formação Algodoads, afossilífera, tentativamente atribuída ao Paleógeno com base em dados de traços de fissão em apatita (Jardim de Sá, 2003), representativa da seqüência rifte regressiva no continente. As rochas que constituem esta formação compreendem conglomerados polimíticos (fragmentos de quartzo, rochas do embasamento cristalino e, mais caracteristicamente, vulcânicas) ou, mais restritamente, mono a diamíticos (com seixos predominantemente de traquitos e quartzo), além de arenitos e argilitos intercalados, que constituem as fácies de canal fluvial e de planície de inundação de um sistema fluvial entrelaçado a meandrante (Rabêlo Cruz *et al.* 2003). Em contraste à Formação Cabo, observa-se que este sistema retrabalhou fontes internas à bacia, bem marcadas pelas rochas da Suíte Magmática Ipojuca.

A Formação Algodoads é por sua vez capeada, em discordância erosional, pela Formação Barreiras (fig. 7); esta última é constituída de depósitos de leques costeiros e sistemas fluviais predominantemente entrelaçados, provindos do continente. A coluna se encerra com as coberturas quaternárias.

arcabouço tectônico e eventos deformacionais da Sub-bacia de Pernambuco

Com base na idade dos marcadores (unidades estratigráficas) e dados cinemáticos, é possível reconhecer três eventos deformacionais ao longo da história evolutiva da SBPE (ver coluna na figura 1).

O evento mais antigo e principal corresponde à tectônica de distensão associada ao rifteamen-

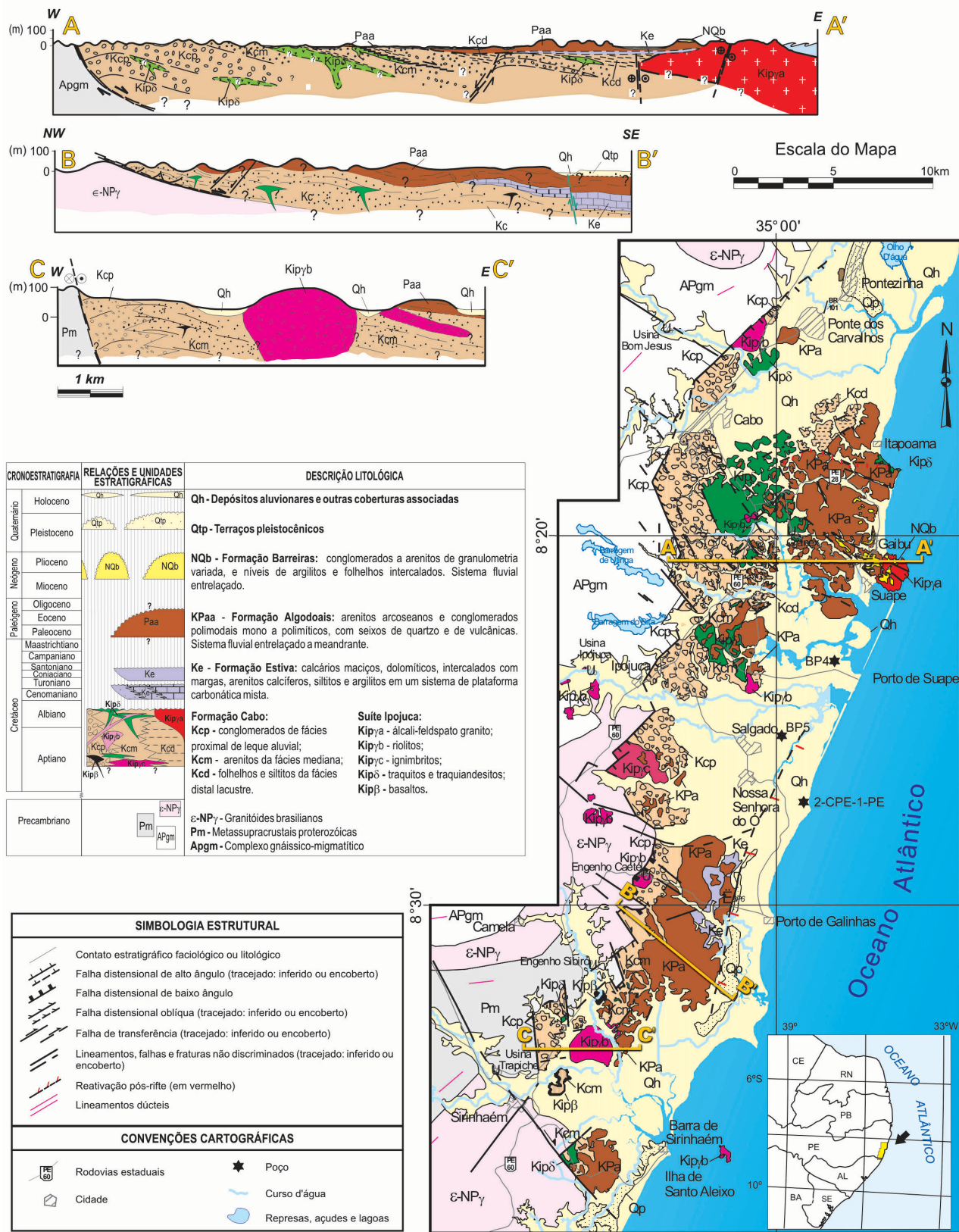


Figura 1 – Mapa geológico de parte da Sub-bacia de Pernambuco, ilustrando a distribuição das unidades, coluna estratigráfica simplificada (em terra) e seções geológicas.

Figure 1 – Geological map of a portion of the Pernambuco Sub-basin, illustrating the distribution of units, a simplified (onshore) stratigraphic chart and geological cross sections.



Figura 2 – Conglomerado da Formação Cabo em corte na estrada de acesso à cidade do Cabo (antiga BR-101).

Figure 2 – Conglomerate of Cabo Formation in a road cut near Cabo City (old BR-101 road).

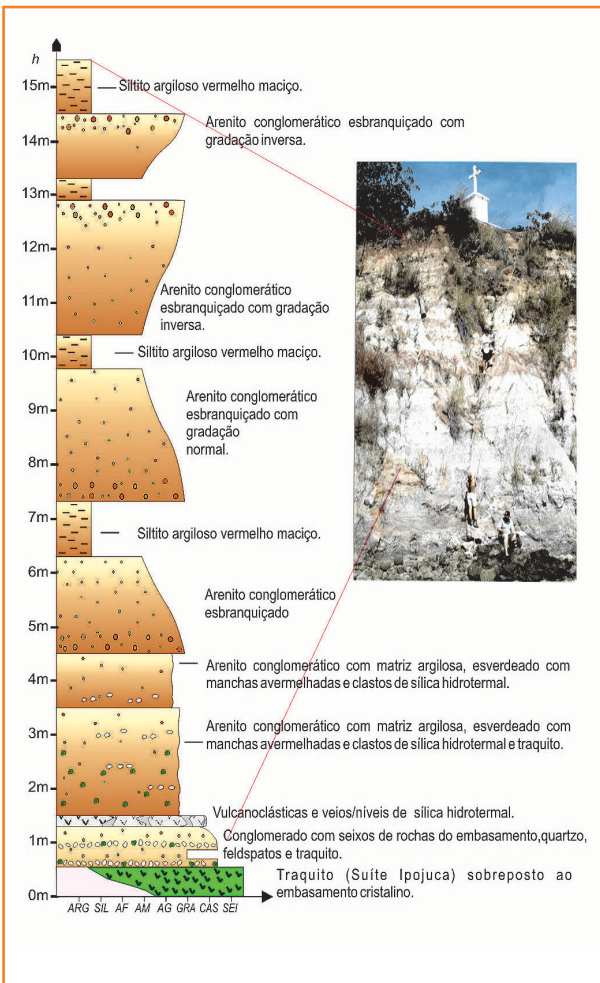


Figura 3 – Seção colunar da fácies mediana da Formação Cabo no Morro do Cruzeiro, foz do Rio Formoso, a norte de Tamandaré (Pernambuco).

Figure 3 – Columnar section of the median facies of the Cabo Formation in the Cruzeiro Hill, mouth of the Formoso River, north of Tamandaré (Pernambuco).

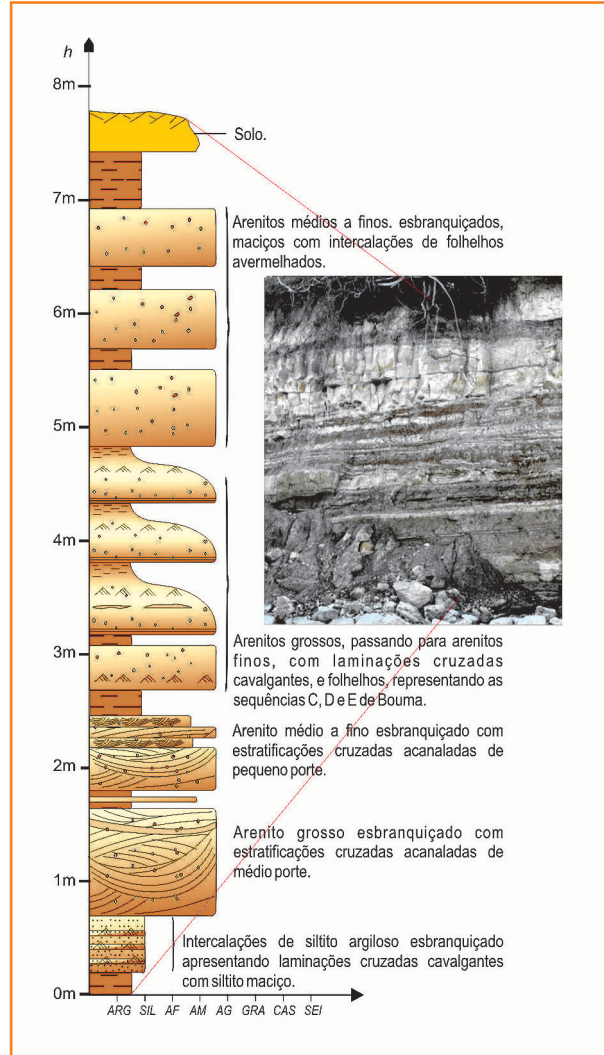


Figura 4

Seção colunar da fácies distal da Formação Cabo na Praia de Guadalupe, a sul de Barra de Sirinhaém (Pernambuco).

Figure 4

Columnar section of the distal facies of the Cabo Formation in the Guadalupe Beach, south of Barra de Sirinhaém (Pernambuco).



Figura 5 – Dique de traquito da Suíte Ipojuca, intrusivo em arenitos da Formação Cabo. Corte próximo à fábrica da Latasa, a sul da cidade do Cabo.

Figure 5 – Trachyte dyke of the Ipojuca Suite, intrusive in the sandstones of the Cabo Formation. Road cut near the Latasa factory, south of Cabo city.

Figura 6

Conglomerado basal da Formação Algodóais (com seixos predominantemente de rochas traquíticas) capeando em discordância traquitos da Suíte Ipojuca. Afloramento em corte na estrada TDR Norte (Porto de Suape), próximo à empresa Granex.

Figure 6

Basal conglomerate of the Algodóais Formation (with dominantly trachyte pebbles), unconformably overlying trachytes of the Ipojuca Suite. Road cut in the TDR Norte road (Suape Harbour), near the Granex factory.



to iniciado no Mesoaptiano. Este evento corresponde às falhas normais de alto e baixo ângulos, com direção NE, e falhas de transferência com direção NW (fig. 8). Essas estruturas estão impressas na Formação Cabo (inclusive delimitando-o do embasamento pré-cambriano) e na Suíte Magmática Ipojuca, controlando a deposição e alojamento desses litotipos, sendo também responsável pela estruturação geral da bacia (fig. 1).

O evento subsequente envolve reativações das falhas geradas no estágio rifte, com rejeitos por vezes expressivos, bem como a ativação de novas estruturas que afetaram as unidades mais jovens (provavelmente até o Paleógeno; formações Estiva e Algodóais), novamente com distensão ortogonal ao eixo da bacia (fig. 9). Este evento é tentativamente associado ao colapso da plataforma continental por subsidência terminal e efeitos gravitacionais.

Um terceiro evento, que também afeta a Formação Barreiras, reflete um sistema de tensões distinto em relação aos precedentes. O mesmo é marcado por falhas normais ou oblíquas com distensão N a NE, que também reativam as falhas de transferência do evento rifte.

estilos da tectônica rifte na Sub-bacia de Pernambuco

As falhas deste evento delimitam, em grande parte, a seqüência rifte da bacia em relação ao embasamento cristalino, a oeste, e definem um mosaico de blocos internos à bacia (Polônia, 1997; Lima Filho, 1998; Jardim de Sá, 2003; ver figura 1).

Figura 7

Arenitos da Formação Algodóais (Alg - cor esbranquiçada) capeados em discordância erosional pela Formação Barreiras (Bar - rochas de coloração avermelhada). Afloramento na Vila de Gaibu, Pernambuco.

Figure 7

Sandstones of the Algodóais Formation (whitish color) overlain with erosional unconformity by the Barreiras Formation (redish rocks). Outcrop in the Gaibu village, Pernambuco.



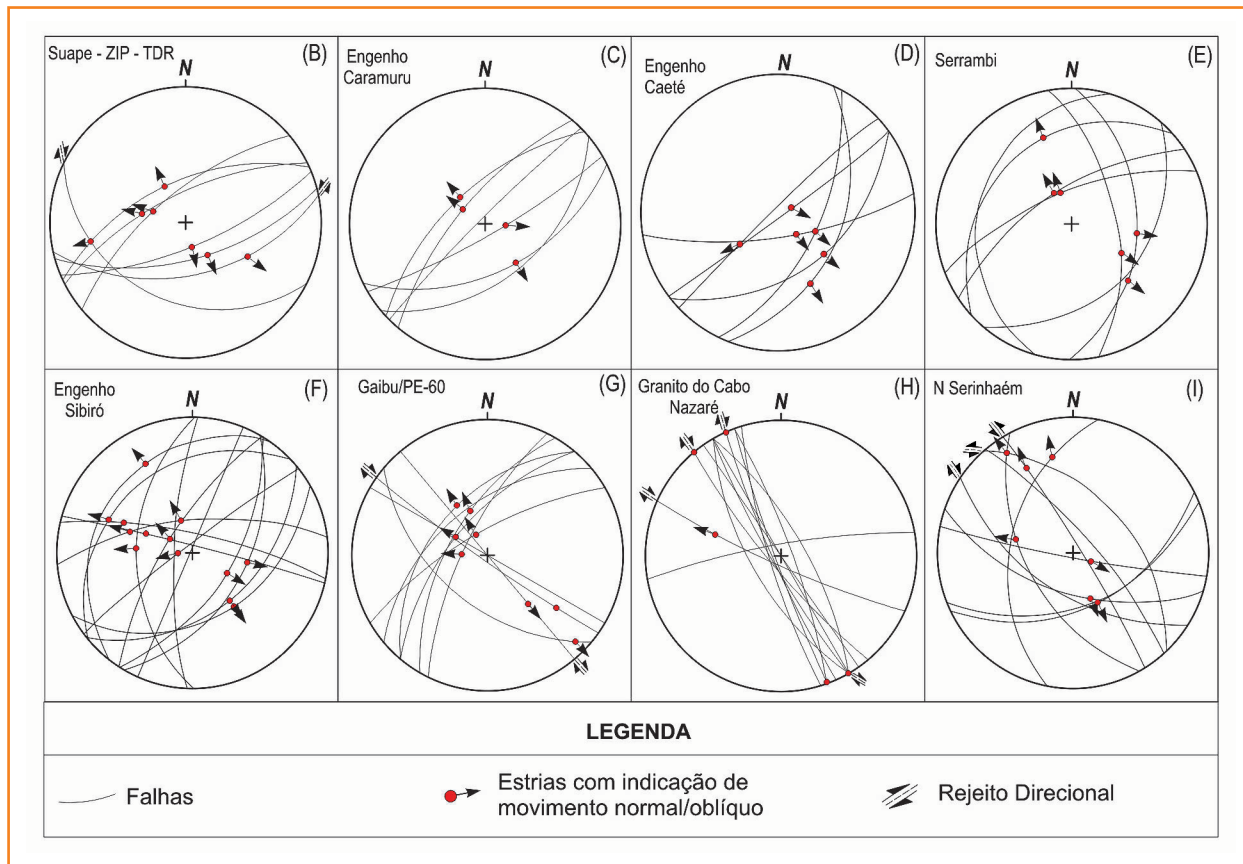


Figura 8

Estereogramas de Schmidt (hemisfério inferior) para estruturas sin-rifte em diversas localidades da Sub-bacia de Pernambuco. Notar as falhas normais ou oblíquas com *trend* NE, falhas de rejeito direcional (transferência) com *trend* NW, e a direção de distensão NW que pode ser inferida a partir desses dados.

Figure 8

Schmidt stereoplots (lower hemisphere) for syn-rift structures in several localities of the Pernambuco Sub-basin. Note the NE-trending normal and oblique faults, the NW-trending strike-slip (transfer) faults and the NW extension direction that may be inferred from the data.

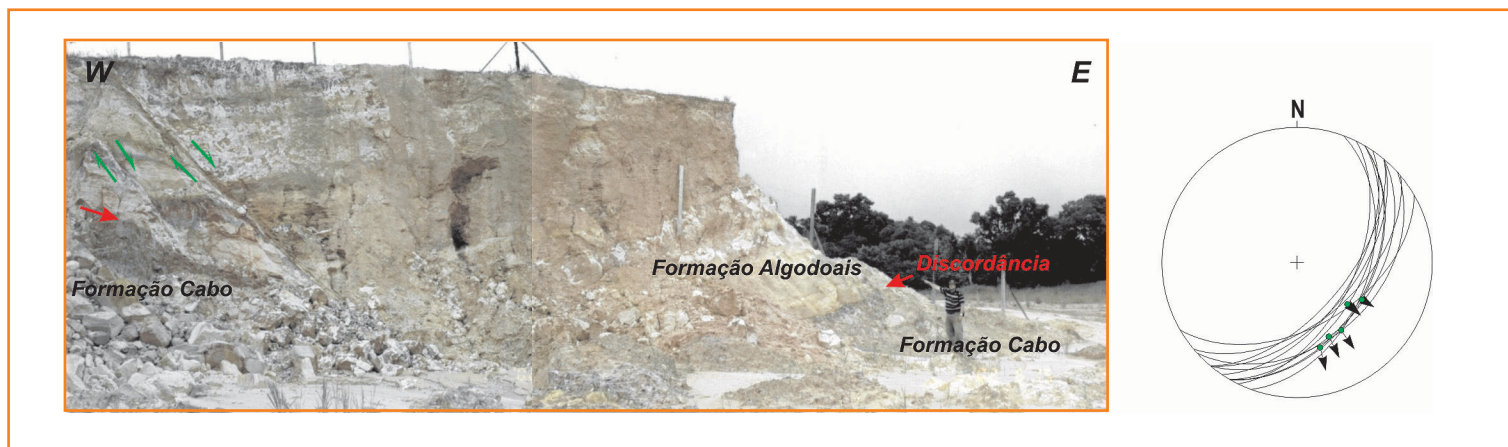


Figura 9

Falha normal afetando a porção inferior da Formação Algodão, com a Formação Cabo imediatamente sotoposta. A projeção estereográfica de Schmidt ilustra essas falhas na localidade. Afloramento às margens da BR 101, próximo a Pontezinha, Pernambuco.

Figure 9

Normal fault affecting the Algodão Formation, immediately overlain by the Cabo Formation. The Schmidt stereoplote illustrates these faults in this locality. Outcrop near the BR-101 road close to Pontezinha, Pernambuco.

As falhas com *trend* NE apresentam rejeitos normais, e aquelas de *trend* NW/NNW exibem rejeito direcional, compatível com estruturas de transferência. A direção de distensão NW, com transporte tectônico predominante para SE, indica que a abertura do rifte se deu obliquamente ao seu eixo principal, inferido pela orientação N/NE da linha de costa e da quebra da plataforma (comparar figuras 1 e 8). Também foram reconhecidos setores nos quais a Formação Cabo

(ou rochas vulcânicas) capeia o cristalino em não-conformidade, ou é delimitada do mesmo por falhas distensionais de baixo ângulo (Jardim de Sá, 2003), feições até então desconhecidas. Os cortes na figura 1 ilustram esses diferentes estilos da tectônica distensional.

As falhas normais de alto ângulo apresentam traçado mais retilíneo na direção geral NE, e foram reconhecidas principalmente desde a cidade do Cabo até a região de Ipojuca (Corte A-A' na figura 1). No continente, falhas escalonadas condicionam semi-grábens com espessuras da ordem de até 3 km, mapeadas por dados gravimétricos e sísmicos, e confirmadas pelos poços de Cupe e Piedade (Oliveira, 1994; Jardim de Sá, 2003; fig. 10). Estruturas de estilo similar ocorrem entre Sirinhaém e Tamandaré, agora com menor rejeito, conforme inferido pela gravimetria. Nessa região sul (e na periferia sul de Recife), a seqüência rifte pode capear o embasamento em contatos por não-conformidade, associados a zonas do tipo rampa de revezamento (Tamandaré e SE de Rio Formoso). Na porção *offshore* da bacia, a estruturação em grábens e semi-grábens é evidenciada pelas linhas sísmicas (exemplo na figura 11; mapeamento de R. M. Darros de Matos, *in* Jardim de Sá, 2003).

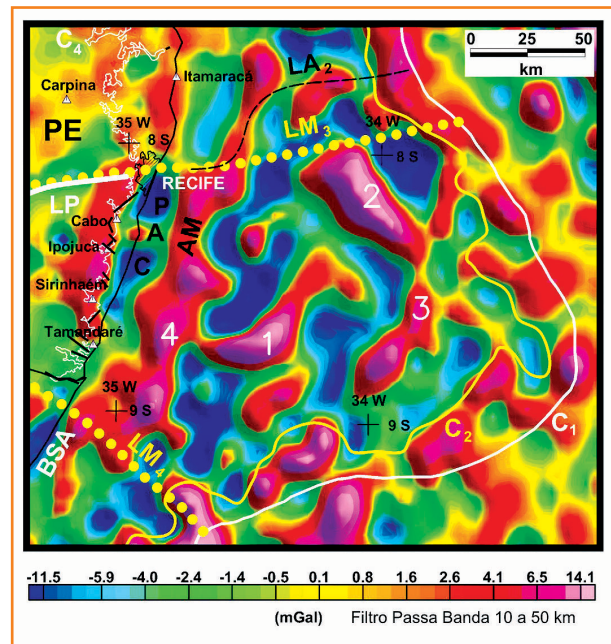


Figura 10 – Mapa de anomalias Bouguer residual, Projeto Bacia Pernambuco-Paraíba. LM3 e LM4 são opções do possível limite setentrional da Sub-bacia de Pernambuco. P e C identificam os grábens de Piedade e Cupe, e A e AM identificam os altos do Cabo de Santo Agostinho e do Maracatu, respectivamente.

Figure 10 – Bouguer residual anomalies map, Pernambuco-Paraíba Basin project. LM3 and LM4 are possible northern limits of the Pernambuco Sub-basin. P and C identify the Piedade and Cupe grabens, while A and AM identify the Cabo Santo Agostinho and Maracatu highs, respectively.

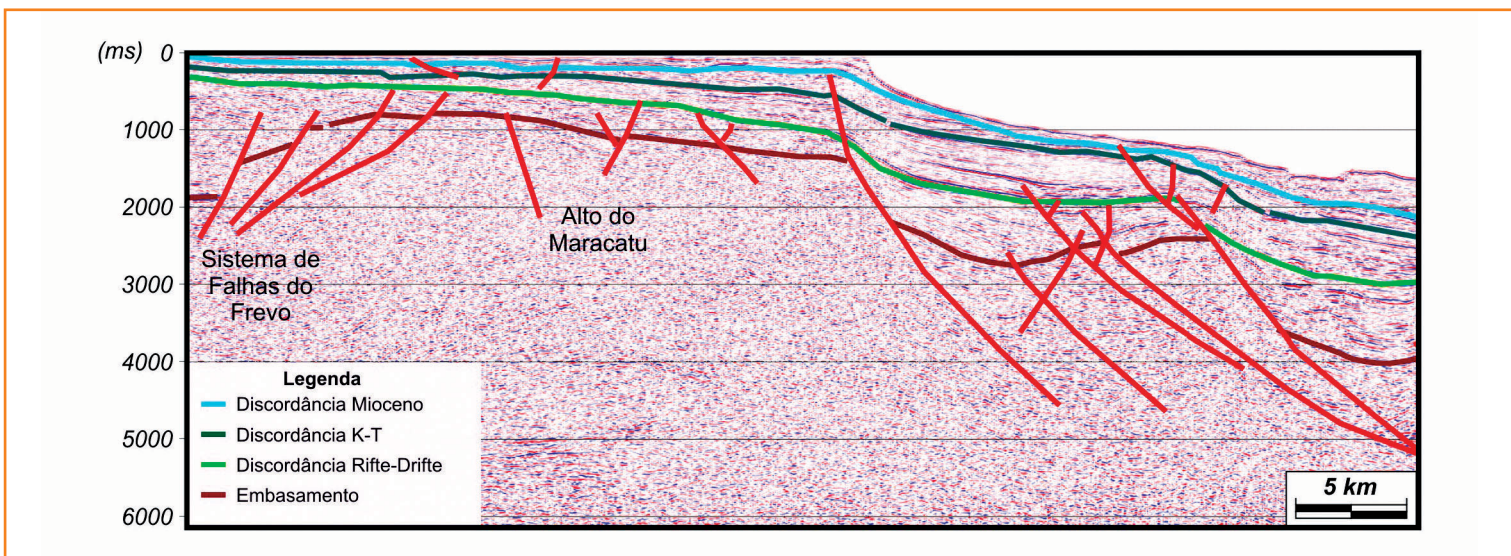


Figura 11 – Linha sísmica dip (NW-SE) a sul de Recife, ilustrando o Alto do Maracatu, controlado pelos sistemas de falhas normais sin-rifte. Mapeamento de Renato M. Darros de Matos, Projeto Bacia Pernambuco-Paraíba (ANP/UFRN).

Figure 11 – Dip (NW-SE) seismic line south of Recife illustrating the Maracatu High, controlled by syn-rift normal faults. Mapping by Renato M. Darros de Matos, Pernambuco-Paraíba Basin Project (ANP/UFRN).

Cunhas conglomeráticas da Formação Cabo acompanham principalmente as falhas de borda; as camadas, delineadas por intercalações de clásticos mais finos, estão freqüentemente espessadas e basculadas contra as falhas (principalmente para NW) e podem exibir dobras *rollover*, denunciando geometria lístrica e zonas de descolamento (exemplos mesoscópicos nas figuras 12 e 13), que afloram mais restritamente. Blocos variavelmente rotacionados (arranjos em dominó) são também assinalados. Todavia, afastando-se da borda, as camadas da Formação Cabo geralmente mergulham para o interior da bacia (SE; ver cortes na figura 1), o que pode estar condicionado por dois fatores: (i) falhas antitéticas em *off-shore*, que definem a borda oeste de um importante alto estrutural reconhecido na sísmica (mapeamento sísmico de R. M. Darros de Matos *in* Jardim de Sá, 2003), designado como o Alto do Maracatu (fig. 11); (ii) basculamento regional associado à subsidência da margem continental, também afetando as seqüências do estágio drifte.

As falhas distensionais de baixo ângulo foram reconhecidas principalmente no setor da bacia entre Ipojuca e Sirinhaém (Camela, Engenho Sibiró), mas também a SE da cidade do Cabo (fig. 12), em diferentes escalas. A leste de Camela (corte B-B' na fig. 1), a não-conformidade original na base da seqüência foi retrabalhada por uma zona de descolamento na qual se enraizam falhas antitéticas e sintéticas e estruturas *rollover* (fig. 13). Uma zona "milonítica" (de natureza hidroplástica no pacote sedimentar, e com faixas cataclásticas no cristalino subjacente) de espessura decimétrica marca a interface entre o embasamento e a Formação Cabo nessa localidade, conferindo a esta última uma natureza parautoctone. Outras zonas "miloníticas", controladas por anomalias térmicas transitórias e/ou elevada pressão de fluidos, foram reconhecidas no interior da bacia, na borda de corpos subvulcânicos (ver Jardim de Sá *et al.* 2005).

As falhas de transferência (exemplo no corte C-C', fig. 1) ocorrem em diversos setores ao lon-

Figura 13

Falhas lístricas normais (indicadas pelos traços em vermelho), com descolamento na base da Formação Cabo. Notar o cavalo triangular no centro da fotomontagem, a rotação de falhas antitéticas e estruturas *rollover* (o acamamento está indicado pelas linhas tracejadas em preto). Corte na estrada para a Ponta de Serrambi, Pernambuco.

Figura 12

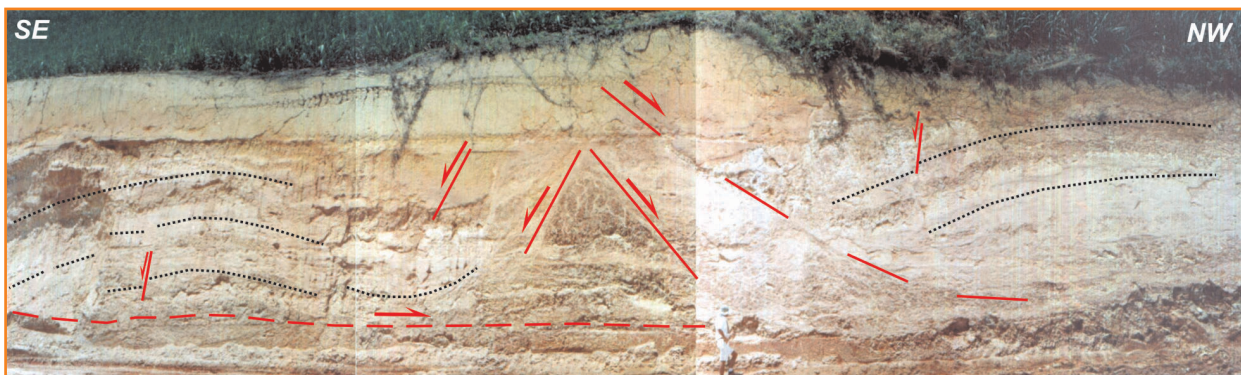
Figura 12

Falha lístrica normal afetando camadas da seção superior da Formação Cabo, que localmente repousam sobre traquitos da Suíte Ipojuca. Notar o espessamento das camadas da Formação Cabo (bloco do teto) em direção à falha. Afloramento na TDR Sul (estrada interna do Porto de Suape), a SSE da cidade do Cabo.

Figure 12

High-angle normal fault cutting the Cabo Formation. Note thickening of the beds in the lower block.

Listric normal faults (shown by the red traces), detaching at the Cabo Formation base. Note the triangular horse in the center of the picture, the rotation of antithetic faults and rollover structures (bedding is shown by black traced lines). Road cut in the way to Ponta de Serrambi, Pernambuco.



go da borda da bacia, interligando segmentos das falhas de alto ângulo ou das zonas de descolamento. Apresentam direção NW e rejeito oblíquo ou direcional, predominantemente dextral e subordinadamente sinistral, por vezes com feições transpressivas associadas (flor positiva a norte de Barreiros). Algumas dessas falhas ocorrem ou se prolongam no interior da bacia, a exemplo das falhas NW que seccionam o Granito do Cabo, em Gaibu (fig. 14).

diques, *plugs*, além do plúton epizonal), indica que o magmatismo foi contemporâneo e sucedeu, provavelmente por curto lapso de tempo, a deposição dos sedimentos da Formação Cabo.

Várias amostras desses corpos foram datadas pelos métodos $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ e Traços de Fissão em Zircão, resultando em um dos melhores conjuntos de idades disponíveis em bacias da margem continental brasileira (Jardim de Sá, 2003, 2004; Nascimento *et al.* 2003). A distribuição das datações permite estimar que os diversos componentes da SMI (basaltos, traquitos, riolitos e o Granito do Cabo) foram formados no intervalo de tempo 102 ± 2 Ma, correspondente ao Mesoalbianiano. Em decorrência, a mesma idade pode ser inferida para a seção superior da Formação Cabo. Por outro lado, os dados palinológicos dos poços do Cupe e Piedade (Feijó, 1994; Jardim de Sá, 2003) indicam um intervalo Mesoaptiano à base do Albiano (palinozonas P-260 a P-280) para os níveis mais inferiores desta formação.

Na região de Suape, dados de poços rasos (Projeto Suape, DNPM; Amaral e Menor, 1979) permitem reconhecer uma discordância na base da Formação Estiva, que localmente capeia o Gra-

a Suíte Magmática Ipojuca e dados geocronológicos

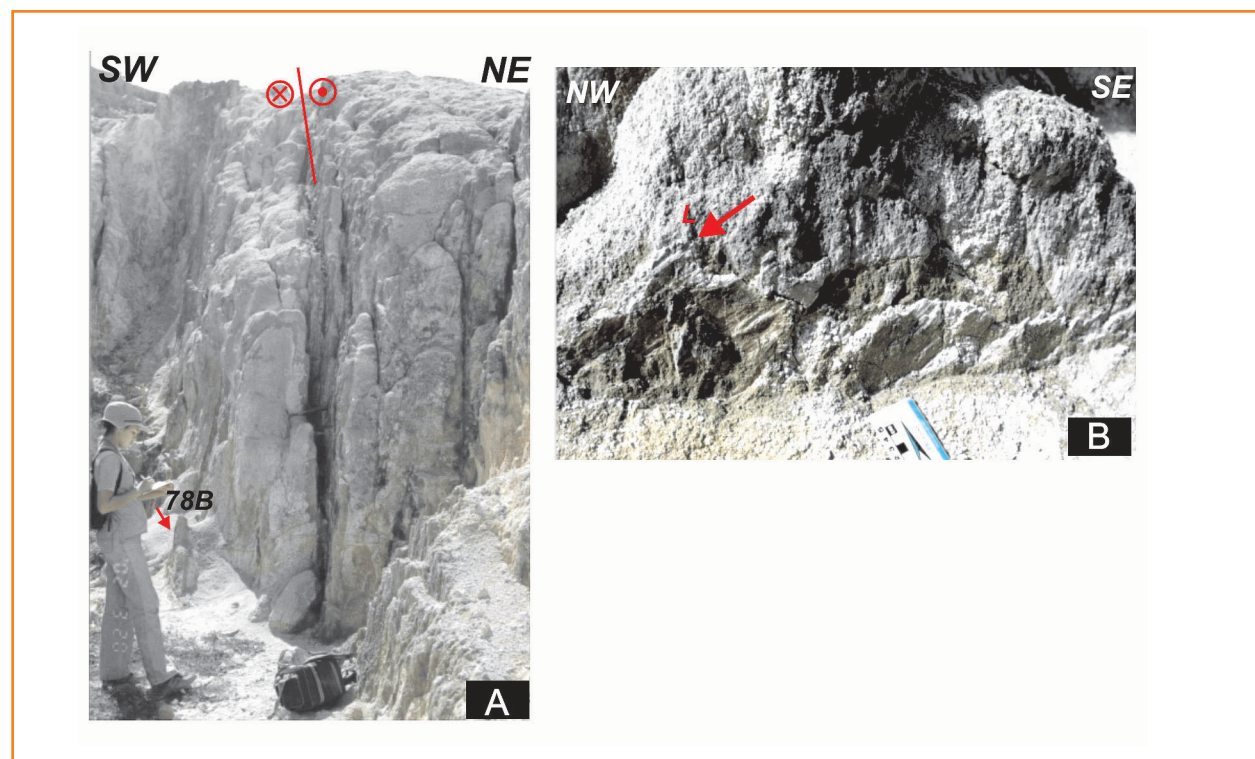
A SMI engloba basaltos, traqui-andesitos e traquitos, riolitos, piroclásticas e o Granito do Cabo de Santo Agostinho. Este conjunto de litotipos ígneos está filiado a dois magmas parentais (básico e ácido), pelo menos em parte coexistentes, ambos de afinidade alcalina (Nascimento, 2003). A presença de derrames e camadas piroclásticas, junto com corpos hipabissais (soleiras,

Figura 14

(A) Fraturas subverticais com *trend* NW, no Granito do Cabo.
(B) Detalhe ilustrando *slickenlines* que configuram rejeito oblíquo (normal-dextral, com base em ressaltos e juntas de distensão escalonadas, não ilustradas) nos planos de fraturas da foto precedente. Essas estruturas são compatíveis com a falha de transferência mapeada nessa área (fig. 1). Afloramento próximo à Vila de Nazaré, a sul de Gaibu, Pernambuco.

Figure 14

(A) NW-trending sub-vertical fractures in the Cabo Granite. (B) Detail illustrating *slickenlines*; which constrain oblique slip (normal-dextral according to steps and en échelon tension joints, not shown in the picture) along the fracture surfaces displayed in (A). These structures are compatible with the interpretation of a transfer fault at this locality (fig. 1). Outcrop near the Nazaré village, south of Gaibu, Pernambuco.



nito do Cabo. Esta discordância implica em significativa erosão e exumação (de até 2 km) daquele corpo epizonal, e de suas encaixantes da Formação Cabo, antes da deposição da Formação Estiva. Esta relação materializa a melhor expressão, em terra, da discordância rifte-drifte, que deve ter idade máxima de cerca de 102 Ma neste local (idade $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ do Granito do Cabo), sendo improvável uma idade significativamente mais antiga.

Na região de Suape, dados de poços rasos (Projeto Suape, DNPM; Amaral e Menor, 1979) permitem reconhecer uma discordância na base da Formação Estiva, que localmente capeia o Granito do Cabo (vide trecho leste do corte A-A' na fig. 1), um plúton epizonal cuja profundidade de alojamento pode ser estimada, com base em critérios texturais, na ordem de 2 km (Nascimento, 2003). Deste modo, a citada discordância implica em significativa erosão e exumação (de até 2 km) daquele corpo granítico e de suas encaixantes da Formação Cabo, antes da deposição da Formação Estiva. Em adição, o mapeamento sísmico do Projeto Bacia Pernambuco-Paraíba demonstra claramente que as falhas sin-rifte estão truncadas pela sismoseqüência que equivale, no *offshore*, à Formação Estiva (R. M. Darros de Matos, *in* Jardim de Sá 2003). Deste modo, a discordância reconhecida nos poços de Suape constitui o melhor candidato, em terra, a exemplificar a discordância rifte-drifte. Tendo em vista a idade $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ do Granito do Cabo (resfriamento do corpo quando do seu alojamento, há $102\pm 0,2$ Ma), esta seria a idade máxima para a referida discordância, bem como para o início da deposição da Formação Estiva, estágio rifte neste setor da bacia.

considerações finais

A revisão estratigráfica na SBPE confirmou e aperfeiçoou sugestões prévias (Lima Filho, 1998) e aplicou critérios para relacionar as unidades aos eventos deformacionais identificados. A caracterização da deformação distensional, sin-rifte, na SBPE, inclui diferentes estilos, em parte já descritos

na literatura e outros até então não referidos, na região mapeada. O registro dos estilos tectono-estratigráficos no continente serve de suporte para a interpretação da geologia de subsuperfície a partir dos dados geofísicos, incluindo a porção *offshore*, correspondente ao Platô de Pernambuco, considerado como um expressivo segmento de crosta continental tectonicamente afinada (Jardim de Sá, 2003).

As feições aqui descritas ou referidas apontam para a contemporaneidade da tectônica rifte, a deposição da Formação Cabo e o alojamento dos corpos da SMI: cunhas conglomeráticas ao longo das falhas de borda (sismofácies equivalentes interpretadas no *offshore*); exemplos mesoscópicos de falhas de crescimento; falhas distensionais de alta temperatura em corpos da Suíte Ipojuca, implicando em deformação penecontemporânea ao alojamento dos magmas (Jardim de Sá *et al.* 2005), sendo que em todos esses casos as falhas obedecem à cinemática de distensão NW que tipifica o evento de rifteamento. Tais feições, no contexto das datações $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ da Suíte Ipojuca (102 ± 2 Ma), que inclui derrames e camadas piroclásticas intercaladas na Formação Cabo, também indicam que a deformação distensional (sin-rifte) na Sub-bacia de Pernambuco (e, provavelmente, também no segmento norte da Paraíba) estava ativa no intervalo do Mesoaptiano (pelo menos) ao Mesoalbian, nesta bacia. Esta assertiva tem implicações para a idade do final da separação entre a América do Sul e a África (aparentemente mais jovem do que previamente suposto). Os dados aqui reportados são consistentes com a migração para norte do eixo do rifteamento Sul-Atlântico e que o segmento Pernambuco-Paraíba foi o último elo do continente a permanecer ligado à África, até próximo ao final do Cretáceo Inferior.

agradecimentos

Ao apoio da Agência Nacional de Petróleo e à permissão para a publicação destes dados e resultados ligados ao projeto de revisão geológica e exploratória da Bacia Pernambuco-Paraíba; aos demais colegas que participaram e interagiram durante o Projeto, em especial ao Dr. Renato M.

Darros de Matos (então no PPGG/UFRN) e ao Dr. Mário F. Lima Filho (UFPE); finalmente, aos membros do Corpo Editorial do Boletim de Geociências da Petrobras (Gilmar V. Bueno e Edison J. Milani), pelo convite para submissão deste texto.

* Apoio financeiro ANP e PRH 22.

referências bibliográficas

ALMEIDA, C. B. **Mapeamento geológico-estrutural na região do Engenho Sibiró-Porto de Galinhas, Sub-bacia de Pernambuco**. Natal: Universidade Federal do Rio Grande do Norte/Programa de Formação em Geologia, Geofísica e Informática no Setor Petróleo & Gás, 2003. Monografia (Graduação em Geologia).

AMARAL, A. J. R.; MENOR, E. A. A seqüência vulcano-sedimentar cretácea da Região de Suape (PE): interpretação faciológica e considerações metalogenéticas. In.: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DO NORDESTE, 9., 1979, Natal. **Atas...** Natal: Sociedade Brasileira de Geologia/Núcleo Nordeste, 1979, p. 251-169.

CRUZ, R. L. **Mapeamento geológico da região de Cabo (PE)** : Sub-bacia de Pernambuco. Natal: Universidade Federal do Rio Grande do Norte/Programa de Formação em Geologia, Geofísica e Informática no Setor Petróleo & Gás 2002. Monografia (Graduação em Geologia).

CRUZ, R. L.; LIMA FILHO, M. F.; NEUMANN, V. H. M. L.; JARDIM DE SÁ, E. F.; ALVES DA SILVA, F. C.; FRUTUOSO JR, L. J.; NASCIMENTO, M. A. L.; GUEDES, I. M. G.; ANTUNES, A. F.; ALMEIDA, C. B.; MELO, K. J. V. **As unidades siliciclásticas da Sub-bacia de Pernambuco: uma revisão lito-estratigráfica**. In.: Congresso Brasileiro de P&D em Petróleo e Gás, 2., 2003, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2003, p. 50

FEIJÓ, F. J. Bacia Pernambuco-Paraíba. **Boletim de Geociências da Petrobras**, Rio de Janeiro, v. 8, n. 1, p. 143-147, 1994.

JARDIM DE SÁ, E. F. (coordenador) **Projeto Avaliação do Potencial Petrolífero da Bacia Pernambuco-Paraíba**. Rio Grande do Norte: Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2003. (Contrato ANP/UFRN/FUNPEC/UFRN N. 4077/01-ANP-009.974).

JARDIM DE SÁ, E. F.; VASCONCELOS, P. M. P.; KOHN, B.; MATOS, R. M. D.; NASCIMENTO, M. A. L.; SOUZA, Z. S. Datações Ar/Ar do Magmatismo Ipojuca e a idade do rifteamento na Sub-bacia de Pernambuco, Nordeste do Brasil. In.: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 42., 2004, Araxá. **Anais...** Araxá: Sociedade Brasileira de Geologia, 2004, p. 532-399.

JARDIM DE SÁ, E. F.; ALMEIDA, C. B.; CRUZ, L. R.; NASCIMENTO, M. A. L.; ANTUNES, A. F.; SILVA, F. C. S. Controle estrutural no alojamento de rochas vulcânicas: exemplos e implicações na Bacia Pernambuco-Paraíba, NE do Brasil. In.: SIMPÓSIO NACIONAL DE ESTUDOS TECTÔNICOS, 10., 2005, Curitiba. **Resumos Expandidos...** Curitiba : Sociedade Brasileira de Geologia, 2005, p. 75-77.

LIMA FILHO, M. F. **Análise estratigráfica e estrutural da Bacia de Pernambuco**. São Paulo: Universidade de São Paulo/Instituto de Geociências, 1998. 197p. Tese (Doutorado).

MATOS, R. M. D. History of the northeast Brazilian rift system: kinematic implications for the break-up between Brazil and West Africa. In.: CAMERON, N. R.; BATE, R. H.; CLURE, V. S. (Eds.). **The oil and gas habitats of the South Atlantic**. London: Geological Society, 1999. 474p. p. 55-73. (Special Publication, 153).

NASCIMENTO, M. A. L. **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)**. Natal: Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2003. Tese (Doutorado).

NASCIMENTO, M. A. L.; VASCONCELOS, P. M.; SOUZA, Z. S.; JARDIM DE SÁ, E. F.; CARMO, I. O.; THIEDE, D. 40Ar-39Ar geochronology of the Cabo Magmatic Province, Pernambuco Basin, NE Brazil. In.: SOUTH AMERICAN SYMPOSIUM ON ISOTOPE GEOLOGY, 4., 2003, Salvador. **Short papers...** Salvador : Sociedade Brasileira de Geologia, 2003. p. 624-628.

POLÔNIA, J. A. P. **Geometria e cinemática do Rifte do Cabo, litoral Sul do Estado de Pernambuco**. Rio de Janeiro : Universidade Federal do Rio de Janeiro, 1997. Dissertação (Mestrado).

OLIVEIRA, R. G. **Levantamento gravimétrico da área sedimentar da Região Metropolitana do Recife : projeto SINGRE**. Recife : Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais, 1994. 38p. (Série Cartografia Temática, 2).

expanded abstract

The Pernambuco-Paraíba Basin is related to the final stages of the breakup between South America and Africa during the Early Cretaceous. The southern segment of this basin (the Pernambuco Sub-basin, SBPE) extends from the Pernambuco Lineament in the north to the Maragogi High in the south, at the border with the Sergipe-Alagoas Basin. This contribution emphasizes the continental segment of the basin, the northernmost exposures of the rift sequences associated with the East Brazilian Margin. The work was conducted during a regional mapping and oil potential evaluation program undertaken by the National Oil Agency (ANP) through the Geodynamics and Geophysics Postgraduate Program at the Federal University of Rio Grande do Norte.

The stratigraphy of the SBPE starts with a basal volcanosedimentary rift sequence. The rift sequence overlies the Precambrian basement through non-conformity, fault or (in the case of the igneous rocks) intrusive contacts. No pre-rift sediments are known in the region. The siliciclastics of the Cabo Formation comprise alluvial fan (conglomerates and coarse sandstones derived from basement sources to the west) and lacustrine (fine grained sandstones and shales) deposits. Palynological data confirm a Mesoaptian to Eo-Albian age span for this unit. These siliciclastics are interlayered and intruded by the Ipojuca Magmatic Suite (SMI), comprising basic to acid volcanic and subvolcanic rocks (including flows and pyroclastics) besides an epizonal granite pluton, all of them with alkaline affinities. Very precise $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ dates average 102 ± 2 Ma for the whole suite, which thus represents penecontemporaneous mantle and crustal derived magmas. These dates, associated field relationships and the palynological data imply a mesoaptian to mesoalbian age for the rift sequence of SBPE.

The onset of the drift stage is marked by the carbonates and siliciclastics of the Estiva Formation, which define a transgressive sequence of Cenomanian-Santonian age. These sediments are poorly exposed inland but thicken to the east, as mapped by seismic lines along the offshore basin. At least locally, in the continent, the rift-drift unconformity, placed at the base of the Estiva Formation, involved 1-2 km erosion cutting through the 102 Ma old Cabo Granite. In most cases, the rift sequence is directly overlain, in a structural unconformity, by the siliciclastics of the Algodóis Formation, a regressive

sequence assumed to be of Paleogene age, derived from sources internal to the basin. In the continent, the youngest units of the regressive sequence correspond to the Barreiras Formation and quaternary covers.

At least three deformation events were recognized in the SBPE. The oldest one defines the structural framework of the basin, being related to the rift stage. Two younger events overprint the drift sequences, generating new faults or reactivating the rift stage structures; the Barreiras Formation is affected just by the youngest one.

The rift event was controlled by a NW extension kinematics, which started at Mesoaptian times, the age of the oldest Cabo Formation sediments. It comprises NE-trending, high or low-angle (detachment) normal faults connected through NW-trending transfer faults. Synthetic, ocean-dipping faults predominate. The Cabo Formation alluvial fans (especially the conglomerates) follow the border faults; at the mesoalbian, these sediments (which may be interlayered with volcanic flows) thicken and/or tilt towards the faults; all these features attest syntectonic deposition. SMI subvolcanic rocks also testify fault-controlled emplacement and the continuation of rift fault activity up to the Mesoalbian.

This structural style is also mapped along the basin (including its offshore segment) using gravity and seismic sections. These data allow to recognize half-graben systems tilted to the west. The continental depocenters (Piedade, Cupe and Sirinhaém grabens as the most important ones) are separated from the deeper basin at the Pernambuco Plateau by a major tectonic high (named the Maracatu high) trending parallel to the coast.

The tectonic and stratigraphic relationships above described point to penecontemporaneous events of extensional deformation, deposition of the Cabo Formation and emplacement of the Ipojuca Magmatic Suite, during the rift stage of the SBPE. This stage lasted from the Mesoaptian to the Mesoalbian, a younger time interval as regards to previous concepts about the age of the ocean opening at the northern tip of the South Atlantic rift. Nevertheless, the data are in agreement with the well-accepted northward propagation of the rift, with the Pernambuco-Paraíba Basin being the last land connection between Africa and South America.



Camilla Bezerra de Almeida

Programa de Pós-Graduação em Geodinâmica e Geofísica e
PRH 22/ANP, Universidade Federal do Rio Grande do Norte

e-mail: camilla@geologia.ufrn.br

Camilla Bezerra de Almeida nasceu em Fortaleza, Ceará, em 1979, e terminou o curso técnico em Geologia pela Escola Técnica Federal do Rio Grande do Norte em 1997. Graduiu-se em Geologia pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN) em 2003. Atualmente, está cursando o doutorado no Programa de Pós-graduação em Geodinâmica e Geofísica na UFRN. Como aluna de graduação e pós-graduação, tem participado de projetos de pesquisa nas bacias Potiguar (CTPetro/FINEP/PETROBRAS) e Pernambuco-Paraíba (ANP), envolvendo mapeamento geológico e estrutural e, mais recentemente, está envolvida na interpretação sísmica do Projeto Bacia Sergipe-Alagoas (ANP).