



**Estudo Aeromagnetométrico e Morfotectônico da
Sub-Bacia Olinda, Bacia Paraíba, e do Embasamento Adjacente**
Aeromagnetometric and Morphoetectonic Study of the Olinda
Sub-Basin, Paraíba Basin, and Adjacent Basement

João Gabriel de Oliveira Topan & Mário Lima Filho

*Universidade Federal de Pernambuco, Centro de Tecnologia e Geociências, Programa de Pós-Graduação em Geociências,
Avenida da Arquitetura, s/n, Sala 325, Edifício Escolar do CTG, 50740-550, Cidade Universitária, Recife, PE, Brasil.*

E-mails: gabrieltopan@gmail.com; mffj@ufpe.br

Recebido em: 19/10/2017 Aprovado em: 13/11/2017

DOI: http://dx.doi.org/10.11137/2017_3_281_293

Resumo

A prospecção de óleo e gás no Brasil teve vários pulsos de investimento e estudos. A primeira bacia a ser vastamente estudada foi a Bacia do Recôncavo, tratando-se de uma bacia *onshore*. Com isso as bacias *onshore* foram estudadas com grande entusiasmo. Porém, a Bacia Pernambuco (BPE) e a Bacia Paraíba (BPB) não tiveram o mesmo investimento em estudos, tendo nas décadas de 80 apenas um poço em cada. Com os *rounds* do petróleo a BPE teve a prospecção aumentada, com linhas sísmicas *onshore* e *offshore*, poços e trabalhos diversos. Enquanto a BPB ficou esquecida. Como parte final da quebra entre os continentes Sul Americano e Africano, a BPB precisa de novos estudos e investimentos para a compreensão da evolução tectônica e estratigráfica do norte da margem leste brasileira. O presente trabalho tem como intuito as análises superficiais e subsuperficiais da Sub-bacia Olinda-BPB, fazendo a comparação dos dados de sensor remoto e aeromagnetometria. Com intuito de subdividir a Sub-bacia Olinda e compreender a relação das principais estruturas do embasamento e sua interferência na bacia.

Palavras-chave: Bacia Paraíba; Aeromagnetometria; SRTM; Bacia Pernambuco; Lineamentos

Abstract

The oil and gas prospection in Brazil had several investments and study pulses. The Recôncavo Basin was the first basin to be extensively studied, being an onshore basin. Thereby the onshore basins has been studied with great enthusiasm. However, the Pernambuco Basin (BPE) and the Paraíba Basin (BPB) did not have the same investment in studies, be having in the 1980s only one drillhole in each. With the “Rounds do Petróleo”, BPE had an increase in prospecting, with onshore and offshore sismics, drillholes and other works. While the BPB was forgotten. As a final part of the break between the South American and African continents, the BPB need news studies and investments for understanding of the tectonic and stratigraphic evolution of the north of the Brazilian east margin. The present work is intended the superficial and subsuperficial analyses of Olinda sub-basin, BPB, compiling remote sensor data and aeromagnetometry. Like this detail the subdivision of the Olinda sub-basin and understand the relations of the main basement structures and their interference in the basin.

Keywords: Paraíba Basin; Aeromagnetic; SRTM; Pernambuco Basin; Lines

1 Introdução

As bacias Pernambuco e Paraíba foram consideradas, entre as décadas de 60 e 90, a mesma bacia. À partir de dados do poço 21ST-1-PE perfurado pela Petrobrás na Ilha de Itamaracá, obteve-se informações da existência do embasamento a 400 m de profundidade. Baseado nesses dados, trabalhos consecutivos indicavam a inexpressiva espessura sedimentar na faixa costeira, então denominada Bacia Pernambuco-Paraíba (Asmus & Carvalho, 1978; Ojedá, 1981). A Petrobrás realizou um segundo poço (2CP-1-PE), a sul da Zona de Cisalhamento Pernambuco (ZCPE), na região da praia do Cupe. Este poço tem a profundidade de 2980 m sem atingir o embasamento, mas encontrando sedimentos barremianos na porção basal do poço (Lima Filho *et al.*, 1998). Mesmo com o segundo poço atingindo tanta profundidade, alguns trabalhos ainda insistiam em abordar da mesma forma as faixas costeiras ao

sul e ao norte do ZCPE (Lima Filho *et al.*, 2005). Porém outros trabalhos já apresentavam uma conjuntura diferente para a região (Rand, 1985; Rand & Mabesoone 1982; Mabesoone, 1996).

A diferenciação das duas bacias foi apontada por Lima Filho (1998), que definiu a Bacia Pernambuco como do tipo *rift*, situada entre o Z.C. Pernambuco e o Alto de Maragogi-Barreiros, enquanto a Bacia Paraíba como sendo uma bacia sedimentar homoclinal, situada entre o ZCPE e Alto de Touros. Esta definição da Bacia Paraíba, todavia, foi redefinida por Barbosa (2004), do Lineamento Pernambuco até o Alto de Mamanguape, por questões estratigráficas (Lima Filho *et al.*, 2005) (Figura 1).

Especificamente, a porção *onshore* da Bacia da Paraíba está localizada no litoral do estado da Paraíba e parte do litoral do estado de Pernambuco, na Província Borborema. A bacia é limitada, a sul,

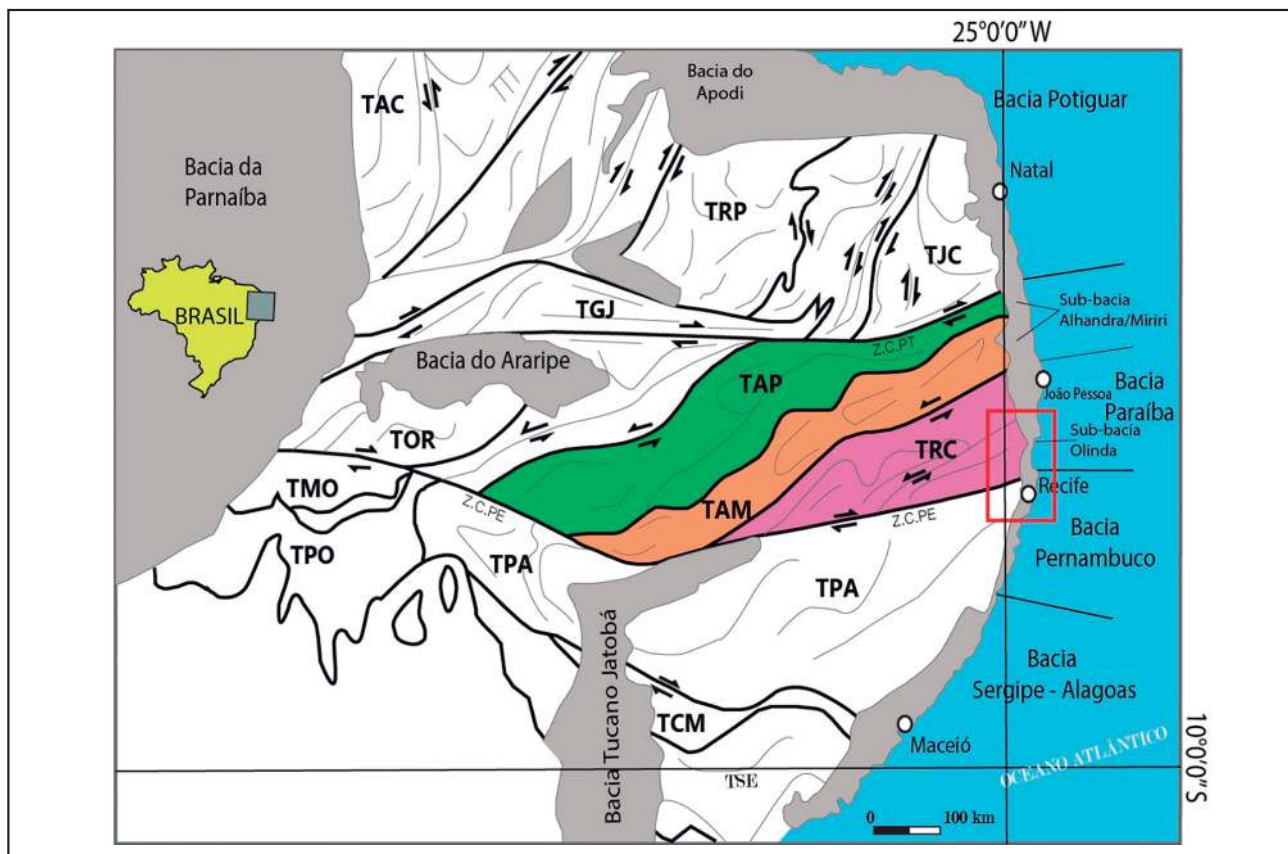


Figura 1 Figura esquemática da localização da Bacia de Pernambuco, Bacia da Paraíba, Bacia Potiguar e as zonas de cisalhamentos proterozoicas e fanerozoicas que afetam a bacia, assim como seus limites (modificado de Barbosa, 2004). A Província Borborema está setorizada pelos seguintes terrenos: TAC: Terreno Acaraú, TRP: Terreno Rio Piranhas, TGJ: Terreno Granjeiro, TJC: Terreno São José do Campestre, TPA: Terreno Pernambuco-Alagoas, TOR: Terreno Oicuri-Trindade, TCM: Terreno Canindé - Maracó, TMO: Terreno Monte Orebe, TPO: Terreno Riacho do Pontal, TBS FRP, TAP: Terreno Alto Pajeú, TRC: Terreno Rio Capibaribe TAM: Terreno Alto Moxotó, ZCPE: Zona de Cisalhamento Pernambuco e ZCPT: Zona de Cisalhamento Patos o retângulo vermelho indica a área de estudo.

pela Zona de Cisalhamento Pernambuco e, a norte, pelo Alto de Mamanguape, um prolongamento da Zona de Cisalhamento Patos. A Bacia da Paraíba está sobreposta a rochas supracrustais, graníticas e ortognaisses, do paleo- ao neoproterozoico, que constituem os terrenos Rio Capibaribe (TRC), Alto Moxotó (TAM) e Alto Pajeú (TAP). A bacia teve sua evolução originada do rifteamento entre os continentes Sul-Americano e Africano. Este grande evento tectônico reativou as zonas de cisalhamento com *trends* NE-SW e E-W, durante o Jurássico Inferior e o Eo-Cretáceo, quando do início da quebra do Pangea. A Bacia da Paraíba se comporta como uma rampa estrutural que mergulha suavemente na direção leste, apresentando blocos falhados com baixo gradiente de rejeito. É dividida em três sub-bacias: Olinda, Alhandra e Miriri (Lima Filho *et al.*, 1998, 2005; Barbosa *et al.*, 2003, 2004).

O presente trabalho objetiva a análise integrada de imagens altimétricas, aeromagnetométrica e dados geológicos para identificar as principais estruturas relacionadas à evolução da Bacia Paraíba, além do entendimento da cinemática de formação da bacia e a relação estrutural do embasamento da bacia.

2 Contexto Geológico

2.1 Terreno Pernambuco-Alagoas

O termo Terreno Pernambuco-Alagoas, adotado por Santos (1995), trata-se de uma associação de rochas granito-migmatíticas orto- e paraderivadas, além de rochas supracrustais, cujas relações de contato foram estabelecidas, em sua grande parte, pela tectônica colisional durante a orogênese Brasileira. O Complexo Belém de São Francisco é a terminologia criada por Santos (1995) para designar ortognaisses granodiotíticos, migmatitos bandados e diatexíticos a biotita e porções leucocráticas que ocorrem a sul da Zona de Cisalhamento Pernambuco.

2.2 Terreno Rio Capibaribe

O Terreno Rio Capibaribe (Santos & Medeiros, 1999) foi individualizado no sul-sudeste do Domínio Transversal da Província da Borborema. O limite norte é delimitado pelo Lineamento Congo-Cruzeiro do Nordeste, com direção geral de NE-SW

para E-NE, separando o TRC do TAM (ao norte). O respectivo lineamento é uma zona de cisalhamento complexa (sinistral) com muitas ramificações. O TRC é limitado, a sul, pela Z.C. Pernambuco, caracterizado por direção geral E-W, e que compreende uma zona de cisalhamento dextral que separa o TRC dos domínios graníticos-migmatíticos do Terreno/Maçico Pernambuco-Alagoas (PEAL). A ideia geológica de terrenos tectonoestratigráficos (Howell *et al.* 2000), foi reforçada por trabalhos recentes de levantamento geofísico, como Oliveira (2008) e Medeiros *et al.* (2011).

2.3 Bacia Pernambuco

A coluna estratigráfica da Bacia Pernambuco inicia-se com a Formação Cabo, que compreende uma sequência *rift* de idade Aptiana-Albiana, composta de sedimentos típicos de sistema de leques lacustres, caracterizados por três fácies (Lima Filho *et al.*, 1988; Cruz *et al.*, 2002, 2003, 2004; Frutuoso Jr. *et al.*, 2002). Intrudindo na Formação Cabo, a Suíte Magmática Ipojuca é constituída, principalmente, por rochas vulcânicas a hipoabissais, com posicionamento sincrônico à sedimentação e falhamentos, ou subsequentes. Datações $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ de Nascimento (2003) indicam idade média de 102 ± 2 Ma, tendo o estágio *rift* na Bacia Pernambuco se estendido do Mesoaptiano ao Mesoalbiano (Jardim de Sá, 2003, 2004). Em discordância angular, tem-se sobreposta, a Suíte Magmática Ipojuca, os carbonatos e rochas siliciclásticas da Formação Estiva (Cenomaniana-Santoniana), compondo a sequência transgressiva do estágio *drift*. Também em contato discordante (correlacionado ao limite K-T), ocorrem as rochas siliciclásticas da Formação Algodoads, afossilífera, atribuída ao Paleógeno com base em dados de traços de fissão em apatita, Jardim de Sá (2003). Esta formação é representativa da sequência *drift* regressiva no continente. As rochas que constituem esta formação compreendem conglomerados polimíticos ou, mais restritamente, mono a diamíticos, assim como arenitos e argilitos intercalados, que constituem as fácies de canal fluvial e de planície de inundação de um sistema fluvial entrelaçado a meandrante (Cruz *et al.*, 2003). A Formação Algodoads é capeada, em discordância erosional, pela Formação Barrerias, que é constituída de depósitos de leques costeiros e sistemas fluviais, predominantemente, entrelaçados e provenientes

do continente, e com idade Mioceno-Plioceno (Mabesoone *et al.*, 1972; Suguio *et al.*, 1986; Vilas-Bôas *et al.*, 2001 Araújo *et al.*, 2006; Lima *et al.*, 2006). Sobrepostos à Formação Barreiras, encontram-se sedimentos quaternários representados pela Formação Pós-Barreiras (Rossetti *et al.*, 2011).

2.4 Bacia Paraíba

A estratigrafia da Bacia Paraíba é iniciada pela Formação Beberibe, descrita primeiramente por Kegel (1955), e formalizada por Beurlen (1967a). Estende-se de forma erosional e discordante sobre o embasamento cristalino (Nóbrega & Alheiros, 1991), delineando-se por uma camada de argila branca caolinítica. É composta de uma sequência arenosa, de granulação grossa a fina, mas selecionada, com coloração variando de cinza clara a creme, tendo, na base, o predomínio de leitos arenosos conglomeráticos (Dantas *et al.*, 1980). No sentido da plataforma, os litotipos citados intercalam-se com os sedimentos transgressivos da Formação Itamaracá, essa definida, primeiramente, como uma sequência de calcarenitos (Kegel *et al.*, 1953), e marcada por frequente interdigitação com fácies marinha, representada pela Formação Beberibe (Kegel, 1955). A Formação Itamaracá possui idade neo-campaniana a eo-maastrichtiana, (Beurlen, 1967a, 1967b; Tinoco, 1971; Barbosa *et al.*, 2004, 2007; Souza *et al.*, 2006). Descrita por Nóbrega & Alheiros (1991) como parte da formação corresponde um pacote sedimentar bem estratificado, formado por arenitos finos de coloração creme, além de siltitos cinza esverdeados, com manchas avermelhadas, e ricamente fóssilífero (incontáveis conchas de bivalves mal preservados), caracterizando um ambiente lagunar. São reconhecidas as fácies supramesolitoral e fosfática sedimentar, marca de um depósito de superfície de inundação máxima (Tinoco & Siqueira 1976; Menor & Amaral, 1979; Amaral *et al.*, 1997; Souza, 1998, 2006).

A Formação Gramame foi primeiramente observada por Oliveira (1940) pelas ocorrências de calcários margosos do vale do Rio Gramame, a sul de João Pessoa (PB). Hoje entende-se que a Formação Gramame retrata o estágio de instalação definitiva da transgressão marinha durante o Cretáceo (Menor *et al.*, 1977). Encontra-se em contato gradacional ou interdigitado sobre sedimentos siliciclásticos e

distais da Formação Beberibe (Nascimento, 2003). A mudança para os calcários da Formação Maria Farinha, limite superior, é marcada por contatos gradacionais (Menor *et al.*, 1977). Depositada durante o Maastrichtiano, a Formação Gramame é caracterizada por calcários margosos e margas sem influência siliciclásticas, depositados em plataforma rasa com baixa ou moderada energia e sob a ação periódica de tempestades (Nascimento, 2003).

Oliveira (1940) denomina de Formação Maria Farinha os calcários fóssilíferos encontrados a norte de Recife. A Formação Maria Farinha repousa diretamente sobre a Formação Gramame, sem nenhuma discordância ou hiato, mergulhando para leste e mostrando uma suave ondulação no sentido N-S (Oliveira & Ramos, 1956). A porção basal está em contato com a Formação Gramame através de “calcário vidro”, de cor creme, homogêneo, compacto, utilizado como uma camada-guia (Kegel, 1955). Sobreposta a Formação Maria Farinha, encontra-se em contato discordante erosional a Formação Barreiras, com a maioria das camadas são constituídas de material silico-argilosos, com predominância de areias quartzosas, arcoseanas e argilas, às vezes, com ocorrência de seixos, como citado anteriormente. Geomorfologicamente, é dominada por tabuleiros costeiros de grande extensão recortados por grandes vales de rios na zona costeira proximal.

2.5 Síntese da Evolução da Bacia Pernambuco e da Bacia Paraíba

A Bacia da Paraíba tem o início de sua formação durante o processo tafrogenético entre as placas Sul-Americana e Africana (Lima Filho *et al.*, 2005) propuseram uma sequência evolutiva para as bacias de Pernambuco e da Paraíba (Figura 2). No Aptiano, o Lineamento Pernambuco se movimentou na área afetada pelo rifting (Bacia de Pernambuco), deslocando a depressão em dois setores: o *graben* de Olinda (abortado devido à espessura crustal existente ao norte deste lineamento) e o *graben* de Piedade. Neste período, os esforços foram de direção NW (Matos, 1999).

Durante o Albiano, os esforços extensionais continuaram, com presença de um magmatismo que não ultrapassou o Lineamento Pernambuco, não afetando, portanto, a Bacia da Paraíba. Do

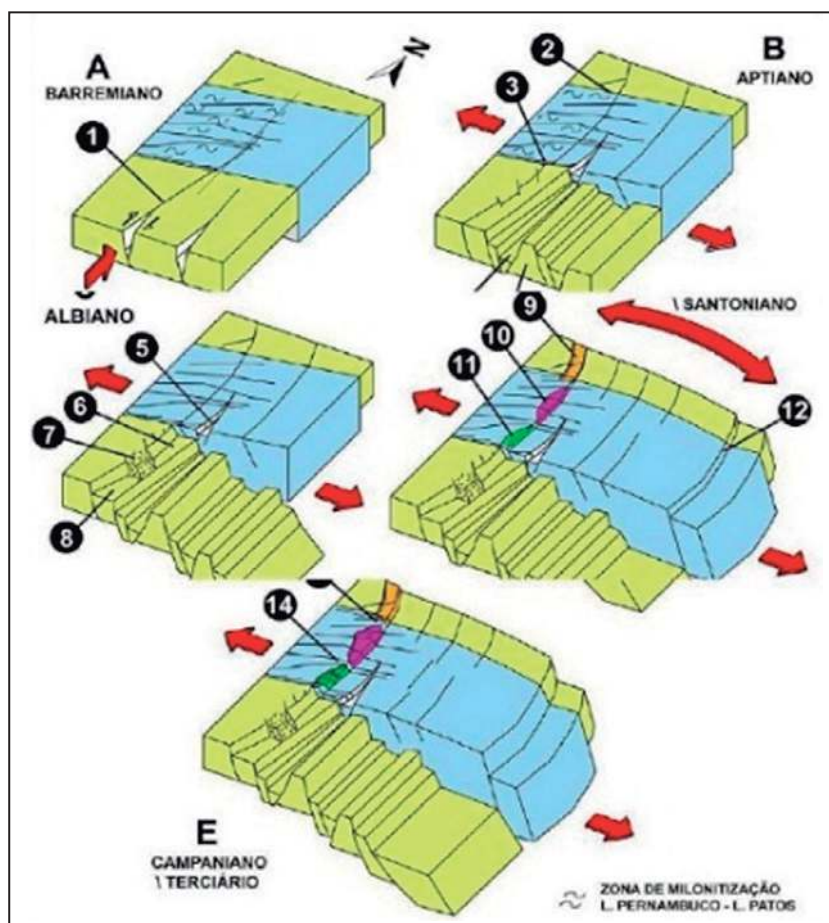


Figura 2 Evolução tectônica da Bacia Pernambuco e da Bacia Paraíba: 1- Rift do Cupe, 2-ZCPT, 3-ZCPE, 4-Alto de Tamararé, 5- Graben de Olinda, 6- Graben de Piedade, 7- Granito do Cabo de Santo Agostinho, 8- Graben do Cupe, 9-Sub-bacia de Cagaretama, 10- Sub-bacia Alhandra e Miriri, 11-Sub-Bacia Olinda, 12 Talude da Bacia da Paraíba, 13- Alto de Mamanguape, 14 – Alto de Goiana (modificado de Lima Filho, 2005).

final do Turoniano ao Santoniano, ocorreu uma subsidência ao norte, devido à flexão da plataforma entre o Lineamento Pernambuco e o Alto de Touros, provocada por um deslocamento distensional entre as placas Sul-Americana e a Africana. Na Bacia da Paraíba, as depressões provocadas pela subsidência de alguns blocos foram preenchidas por sedimentos clásticos da Formação Beberibe, recobrando o *graben* de Olinda. A região ao norte do Alto de Mamanguape, até Natal, começou a receber sedimentação (Formação Itamaracá) devido ao início da transgressão marinha provocada pela continuidade de flexão da rampa. Durante o Campaniano, a transgressão se instala em todas as sub-bacias da Bacia da Paraíba, devido à rápida subsidência da rampa. Durante o Maastrichtiano, ocorreu uma calmaria tectônica, sendo depositados os carbonatos platformais da Formação Gramame.

3. Materiais e Métodos

Para a caracterização morfotectônica da Sub-bacia Olinda, na Bacia Paraíba, e do embasamento na

sua porção mais próxima da bacia, foram utilizadas imagens MDE (modelo digital de elevação) do SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*). Estas imagens são caracterizadas por resolução espacial de 30 m, e são obtidas gratuitamente via o sítio do Serviço Geológico dos Estados Unidos (USGS, earthexplorer.usgs.gov.) Com relação à abordagem metodológica, optou-se pela aplicação da técnica de sombreamento interativo do relevo, por meio da determinação de iluminação do MDE mediante a seleção de ângulos azimutal e zenital. Para esta etapa, foi empregado o aplicativo de *software* ENVI 5.3. Os melhores resultados foram interpretados quanto à presença de lineamentos de drenagem, usando-se o aplicativo de *software* ArcMap 10.3, na escala 1:100.000.

Também foi usado o Mapa de Geodiversidade do Estado de Pernambuco e da Paraíba, elaborado pela CPRM, disponível no *GeoBank*, e elaborados na escala 1:1.000.000. Este mapa foi empregado como suporte à setorização de lineamentos da área do embasamento (Pré-Cambriano) e da Bacia Paraíba

(Figura 3). Diagramas de rosetas azimutais foram produzidos a fim de se determinar os principais controles estruturas da área de estudo.

Essa metodologia é baseada nos conceitos da Geomorfologia Tectônica (Keller & Pinter, 1996) em que princípios geomórficos são aplicados como ferramenta para avaliar a história, a magnitude e a taxa de processos tectônicos atuais ou pré-atuais (Salamuni *et al.*, 2004).

Foram usados dados aeromagnetométricos do Projeto Borda Leste do Planalto da Borborema, caracterizados por espaçamento entre as linhas de voo (N-S) e de controle (E-W) de 500 e 10000 m, respectivamente. O projeto foi executado por um consórcio entre as empresas LASA Engenharia e Prospecções S.A. e Prospectors Aerolevantamentos e Sistemas Ltda, no ano de 2008 para a CPRM. Foram cedidos ao estudo grids do campo magnético anômalo, da primeira derivada vertical (DZ) e da amplitude do sinal analítico (ASA), gerados via aplicação do método de interpolação bidirecional, e células de 125 m.

Com base nos grids magnetométricos, foram interpretados alinhamentos estruturais na escala

de 1:150.000, gerando-se rosetas de lineamentos delimitados nas imagens da DZ e da ASA.

4. Resultados

4.1 Relevô Sombreado

Os melhores resultados advindos do processo de sombreado do modelo digital de elevação do SRTM foram observados com a escolha de padrões de iluminação marcados por ângulos azimutal e zenital de 270° e 45°, além de ângulos azimutal e zenital de 315° e 45°.

A extração de lineamentos e sua integração com as unidades litológicas do Mapa do Serviço Geológico Brasileiro (CPRM) de Geodiversidade do Estado de Pernambuco e Paraíba (2001) estão apresentadas nas Figuras 4 e Figura 5. A partir destas figuras e da confecção de rosetas de lineamentos, foi possível observar que o Complexo Vertentes, associado com 1260 lineamentos, é marcado por *trend* principal NE-SW, além daqueles menos extensos e com direção E-W e NNW-SSE.

O Complexo Salgadinho é marcado por 2036 lineamentos caracterizados por *trend* principal mais

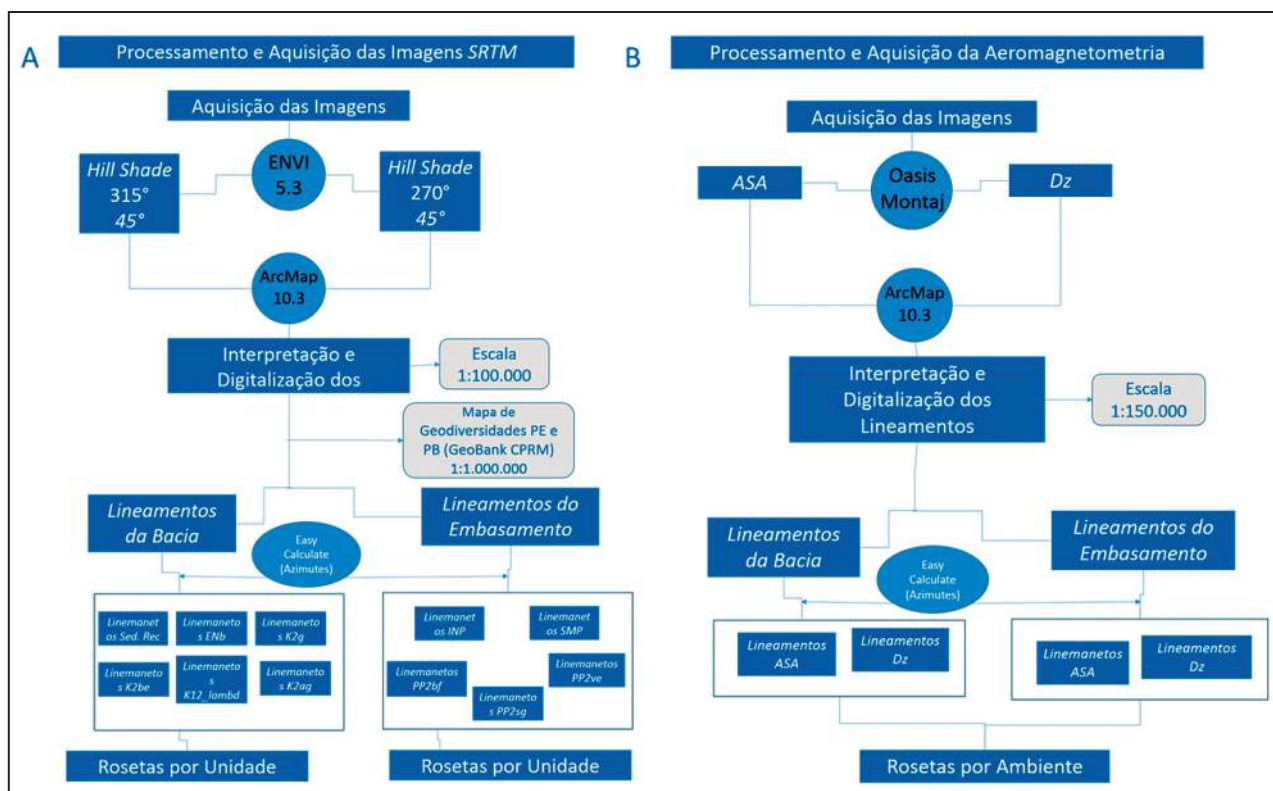


Figura 3 Fluxograma das metodologias utilizadas. (A) Referente a análise por SRTM e (B) referente a análise de aeromagnetometria.

esparso, mas com direção NE-SW e secundário E-W. Já no Complexo Belém de São Francisco, no Terreno Pernambuco-Alagoas, devido a haver uma diferenciação reologicamente mais resistente, rochas infracrustais, foram reconhecidos 530 lineamentos com o *trend* principal NE-SW, além de *trends* secundários NNW-SSE e E-W. Os granitóides e plútons indiscriminados, as suítes intrusivas Itaporanga, Conceição e do Plúton Timbaúba foram reunidos como Intrusões Neoproterozóicas, para uma melhor estatística dos lineamentos interpretados. Foram reconhecidos 924 lineamentos, com *trends* difusos na direção principal NE-SW e, em menor quantidade, de direção N-S e WNW-ESE. A Suíte Serra de Taquaritinga e as Suítes Intrusivas Leucocráticas Peraluminosas foram reunidas em Suítes Mesoproterozóicas (SMN) interpretados

122 lineamentos com o *trend* principal NE-SW e secundário NW-SE.

As bacias sedimentares, tendencialmente, possuem relevos internos menos acidentados, resultando numa menor facilidade de se reconhecer lineamentos estruturais em produtos como relevo sombreado. No presente estudo, foi possível reconhecer 1462 lineamentos dentro da porção bacinal.

Os lineamentos da Bacia Paraíba foram analisados mediante a integração dos mesmos com as unidades litológicas do Mapa de Geodiversidades do Estado de Pernambuco e Paraíba, especificamente, as formações Beberibe e Gramame, além das formações Barreiras e os Sedimentos Quaternários (Figura 5).

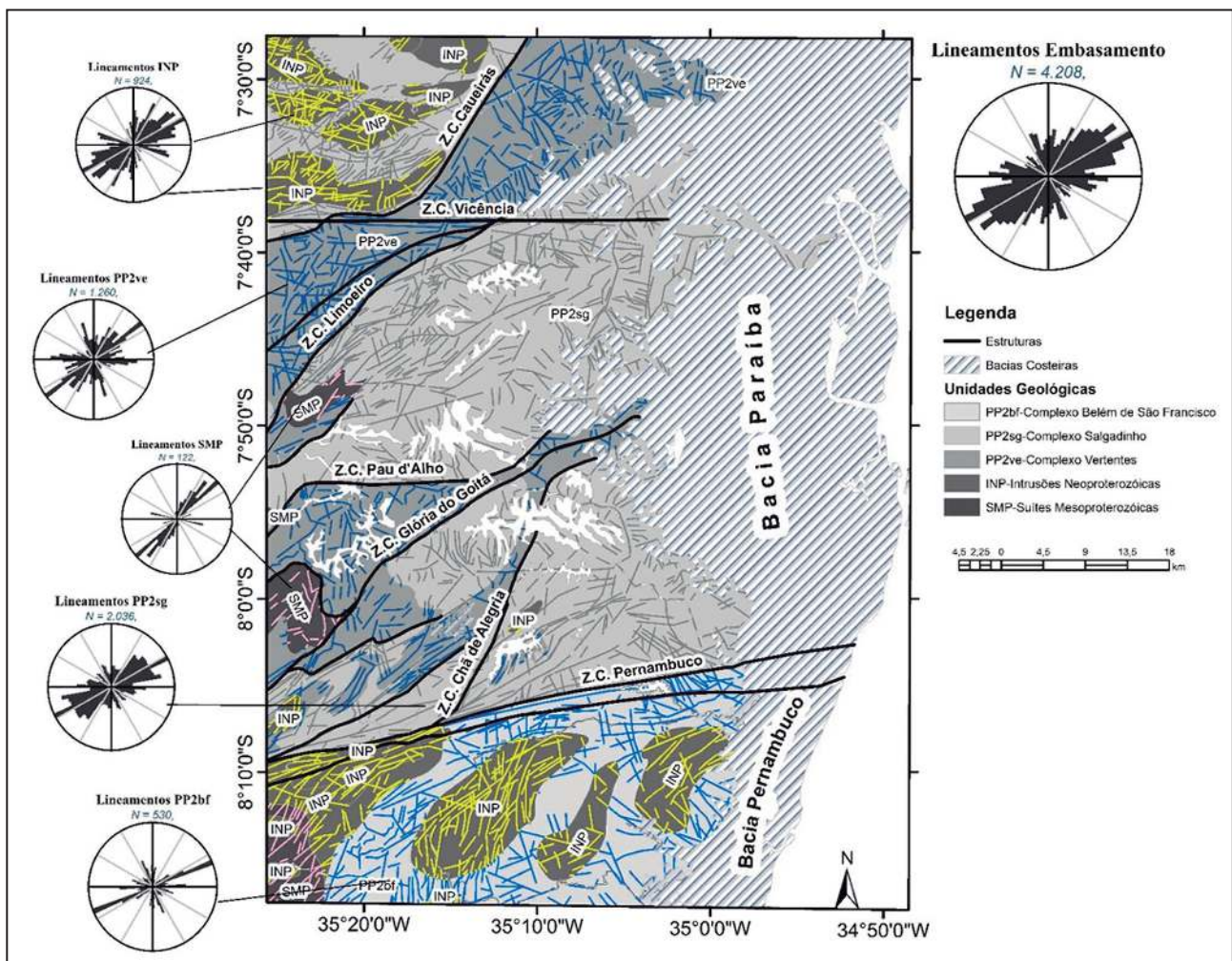


Figura 4 Mapa do embasamento da Sub-Bacia Olinda (Bacia Paraíba) e porção norte da Bacia Pernambuco. Os lineamentos interpretados estão discriminados por unidade mapeada: Intrusões Neoproterozóicas (INP), Suíte Mesoproterozóicas (SMP), Complexo Belém de São Francisco (PP2bf), Complexo Salgadinho (PP2sg) e Complexo Vertentes (PP2ve). Rosetas de lineamentos por unidade litológica estão mostras à esquerda, e roseta do embasamento como um todo, à direita.

A Suíte Magmática Ipojuca apresentou 10 lineamentos com *trend* principal NNE-SSW. A Formação Algodoads caracteriza-se por 6 lineamentos com *trend* principal NNE-SSW, e um *trend* secundário NW-SE. Na Bacia Paraíba, na Formação Beberibe foram mapeados 42 lineamentos com *trend* principal N-S e *trend* secundário NE-SW. Na Formação Gramame foram cartografados 96 lineamentos com *trend* principal NNE-SSW. A Formação Barreiras apresentou uma roseta esparsa com *trend* principal NE-SW, e *trend* secundário NW-SE e E-W. Os sedimentos quaternários não apresentam *trends* preferenciais, mas destacam-se as direções NE-SW, NW-SE e E-W.

demarcação de lineamentos magnéticos (Figura 6). A partir dos lineamentos interpretados, foi possível gerar uma roseta dos dados totais que apresentam *trend* preferencial ENE-WSW. A análise individual de lineamentos por unidades litológicas foi feita de forma similar àquela realizada com o produto advindo da imagem SRTM. Observa-se, desta forma, que a roseta de lineamentos associada com o embasamento é marcada por mesmo *trend* ENE-WSW anteriormente identificado. Já a direção preferencial de lineamentos da área da Bacia Paraíba mostra tendência E-W.

4.2 Primeira Derivada Vertical do Campo Magnético Anômalo (Dz)

Utilizando a imagem da Dz, obteve-se uma resposta de estruturas geológicas úteis para

4.3 Amplitude do Sinal Analítico (ASA)

A partir da imagem da ASA, foi possível fazer interpretar lineamentos magnéticos de forma a complementar aqueles previamente observados com

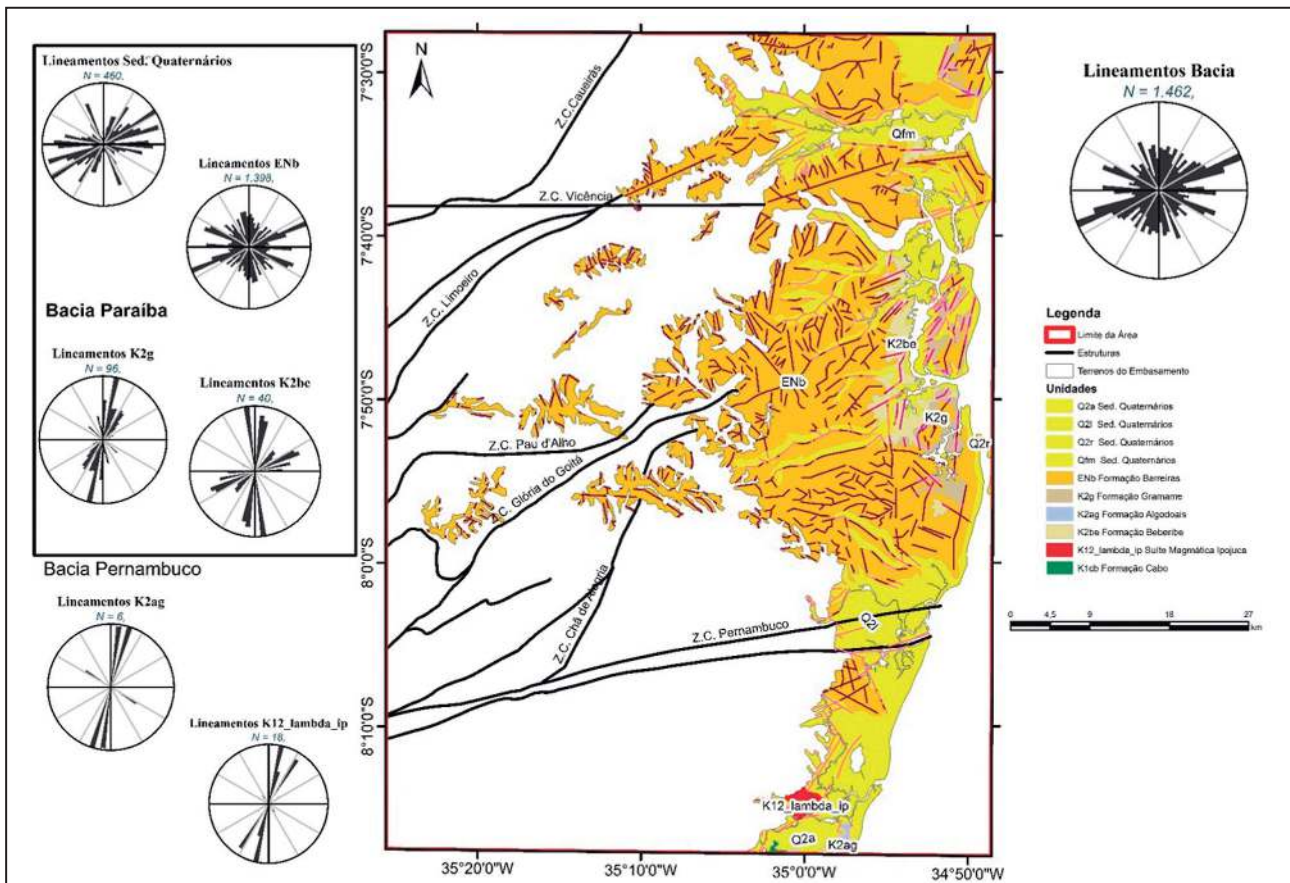


Figura 5 Mapa da Sub-Bacia Olinda (Bacia Paraíba) e porção norte da Bacia Pernambuco, os lineamentos estão discriminados por unidade. Sedimentos quaternários (Qfm, Q2r, Q2i e Q2a), Formação Barreiras (ENb), Formação Gramame (K2g), Formação Algodoads (K2a), Formação Beberibe (K2be) e Suíte Magmática Ipojuca (K12_lambda_ip). Em branco está o terreno do embasamento cristalino com algumas estruturas conhecidas regionalmente. À esquerda as rosetas dos lineamentos mapeados no relevo sombreado divididas em suas respectivas unidades e a direita a roseta referente aos lineamentos de toda a Sub-Bacia Olinda e porção norte da Bacia Pernambuco.

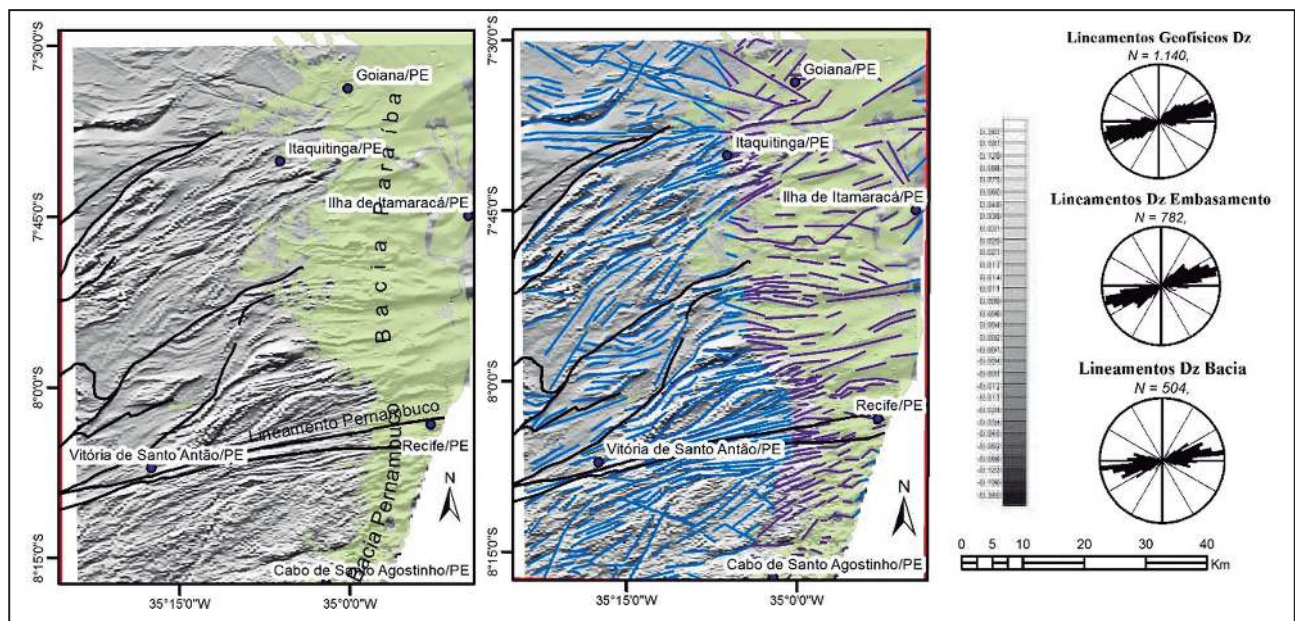


Figura 6 Imagem da primeira derivada vertical (Dz), à esquerda. Mapa Dz com as interpretações de lineamentos do embasamento (azul) e lineamentos da bacia (roxo), à direita. Rosetas azimutais estão também apresentadas.

a imagem da DZ. Foram elaboradas também rosetas azimutais, da mesma forma como descritos nos outros produtos interpretativos via análise do MDE do SRTM e da DZ.

Desta forma, foram interpretados 312 lineamentos gerais, caracterizados por *trend*

principal ENE-WSW, e lineamentos secundários E-W e NE-SW. Os lineamentos interpretados no embasamento possuem *trend* principal ENE-WSW e secundários E-W e NE-SW. Já os lineamentos pertencentes à bacia possuem *trend* principal E-W e secundário WNW-ESSE (Figura 7).

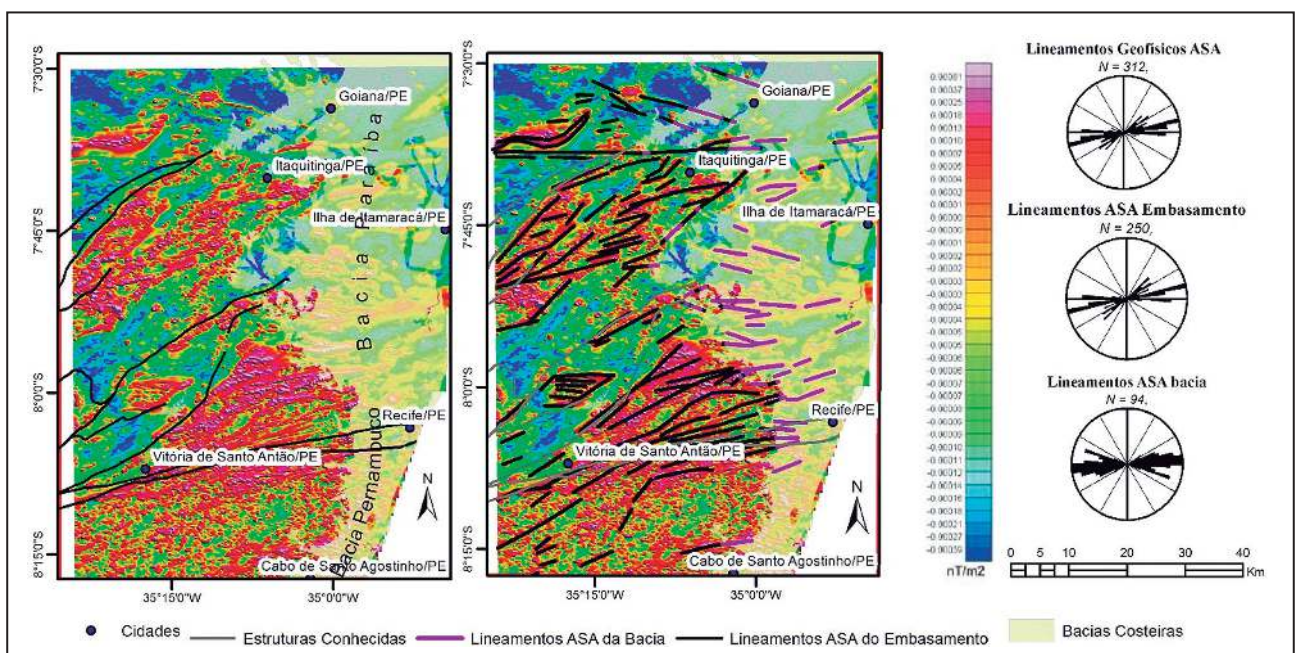


Figura 7 Imagem da amplitude do sinal analítico (ASA), à esquerda. Mapa ASA com as interpretações de lineamentos do embasamento (azul) e lineamentos da bacia (roxo), à direita. Ao lado as respectivas rosetas, a primeira são de dados gerais do mapa ASA, a segunda dos lineamentos do embasamento e mais embaixo a roseta dos lineamentos da bacia.

A Falha do Botafogo é uma falha transcorrente sinistral expressão do prolongamento da Zona de Cisalhamento Chã de Alegria dentro da bacia. Como a Falha do Botafogo corta a Formação Barreiras, logo sugere-se que esta falha tenha se formado próximo ao Oligoceno. A falha em que o Rio Itapessoca está encaixado em contato com a Falha do Botafogo está relacionada a uma tectônica de extensão. Na praia da Ponta do Funil, observa-se fraturas híbridas que comprovam essa relação entre as falhas (Ferrer, 2005).

5 Discussão

Através da interpretação dos dados SRTM pôde-se observar os *trends* (Figuras 4 e 5) indicando que o embasamento de forma geral sofreu um esforço maior WNW-ESE mais próximo NNW-SSE. Isso também é confirmado na interpretação dos dados da primeira derivada vertical do campo magnético, onde o *trend* principal dos lineamentos são ENE-WSW indicando um possível esforço NNW-SSE. O *trend* E-W está ligado a um esforço N-S, assim como o *trend* WNW-ESE está ligado a um possível esforço ENE-WSW. As unidades do embasamento possuem um forte *trend* ENE-WSW. Observa-se também no Mapa da CPRM Preliminar de Integração Rio Capibaribe (Santos *et al.*, 2016) diversos eixos de dobras e lineações de estiramento com direção ENE-WSW. Assim, possivelmente o esforço WNW-ESE foi o mais recente, coincidindo com os *trends* do Lineamento Transbrasileiro (LTB). Os lineamentos com *trend* WNW-ESE são mais observados nas unidades paleoproterozoicas como os Complexos Vertentes e Salgadinho e Belém de São Francisco. Nas unidades mesoproterozoicas e neoproterozoicas não foi observado o *trend* NW-SE, logo trata-se provavelmente de uma cinemática ativa no Paleoproterozoico que não deve ter sido reativada. Já os *trends* E-W apresentam-se bem distribuídos nas unidades e grande parte das estruturas principais possui essa direção. Desta forma, acredita-se na reativação destas estruturas como também as estruturas ENE-WSW.

Observa-se que Lima *et al.* (2017) nomeiam uma estrutura linear de direção E-W de Zona de Cisalhamento Gado Bravo. Afirmando que não foram encontrados nomes para tal estrutura e que ela não foi estudada. No entanto Barbosa *et al.*

(1990), nomeiam a mesma estrutura de Zona de Cisalhamento de Vicência, essa seria uma porção da Zona de Cisalhamento Timbaúba-Coxixola.

A Bacia Pernambuco e Bacia Paraíba os *trends* ENE-WSW e E-W são relacionados a estruturas do embasamento, reativadas, já conhecidas. Como são observadas fortemente na Formação Barreiras e em Sedimentos quaternários, acredita-se que estas estruturas sofreram reativações até o Pós-Mioceno.

Após o rifting inicial a Bacia Paraíba foi submetida à reativação tectônica pós-cretácea (Jardim de Sá *et al.*, 2004) de natureza distensional, responsável pela formação de um sistema tafrogênico ao longo das antigas zonas de cisalhamento proterozoicas de direção E-W e ENE-WSW (Brito Neves *et al.*, 2004). No entanto trabalhos recentes apontam que a movimentação tectônica não resulta apenas de esforços distensionais, mas também de compressão de direção ENE-WSW sob regime transcorrente durante o Cenozoico (Bezerra *et al.*, 1998, 2000, 2008). Estas reativações, caracterizadas por falhas normais e transcorrentes resultam em uma sequência de estruturas de graben e horst ao longo da planície costeira.

A Formação Beberibe apresenta forte *trend* N-S devido ser a formação de conglomerados de borda da bacia, logo são estruturas relacionadas à quebra do *rift*, formadas por falhas extensionais de direção predominante N-S. Porém não deixam de apresentar *trends* ENE-WSW e E-W, esses *trends* seriam relacionadas a movimentos extensionais do Cenozoicos.

Barbosa *et al.* (2005) propuseram algumas divisões na Sub-Bacia Olinda, através de dados de poços como o Graben de Goiana, o Alto de Goiana, o Graben de Itamaracá e o Graben de Igarassu-Recife. Com a compilação das interpretações das imagens SRTM, Dz, e ASA foi possível demarcar outras estruturas relevantes e dividir a Sub-bacia Olinda de forma mais detalhada, em regiões importantes para o desenvolvimento de diversos estudos na Bacia Paraíba. Definiu-se que o Alto de Goiana é limitado a norte pela Falha de Goiana e ao sul pela Falha de Tejupapo. O Graben de Itapessoca encontra-se entre a Falha de Tejupapo (norte) e a Falha de Botafogo (sul). Mais ao sul, o Graben de Itamaracá que abrange a Ilha de Itamaracá, é limitada pela Falha de Botafogo, ao norte, e a Falha do Rio Timbó, no final

da ilha, ao sul. O Graben de Igarassu-Olinda situa-se entre a Falha do Rio Timbó, limite norte, e a Falha do Rio Beberibe, limite sul. O Graben de Casa Forte é delimitado pela Falha do Rio Beberibe, a norte, e a Falha do Rio Capibaribe, a sul. O Alto de Afogados, delimitado a norte e a sul pelos limites da Zona de Cisalhamento Pernambuco (Figura 8). Ao sul da ZC Pernambuco tem-se o já consagrado Graben de Piedade (BPE), que possui profundidade de quase 4000 metros, enquanto a Bacia Paraíba possui aproximadamente 400 metros de profundidade.

6 Conclusão

A Bacia Paraíba apresenta-se como uma bacia da margem leste, no Nordeste do Brasil, formada durante a quebra entre a placa Africana e a placa Sul Americana, provavelmente no pós-turoniano e sendo, portanto, o último elo entre a separação da Placa Sul-Americana e a Africana. Porém, acredita-se que houve movimentações e reativações de

estruturas dúcteis, dentro da bacia criando grabens (rasos) e altos estruturais. Comprovou-se que a evolução da bacia possui uma fase de extensão ENE-WSW e compressão WNW-ESE, podendo existir outra fase inversa a primeira, confirmando a reativação das zonas de cisalhamento do terreno do embasamento dentro da bacia atualizando dados de Brito Neves *et al.*, 2004. Ao final, o prolongamento dessas estruturas do embasamento para dentro da bacia, foi possível o detalhamento dos altos e baixos da Sub-bacia Olinda, detalhando a sub-bacia e nomeando falhas e estruturas para futuros trabalhos.

7 Agradecimentos

Agradecemos primeiramente a Fundação de Comissão de Aperfeiçoamento Pessoal do Nível Superior (CAPES), a Agência Nacional de Petróleo (ANP) em nome do Programa de Recursos Humanos 26 (PRH-26) e a Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia de Pernambuco (FACEPE).

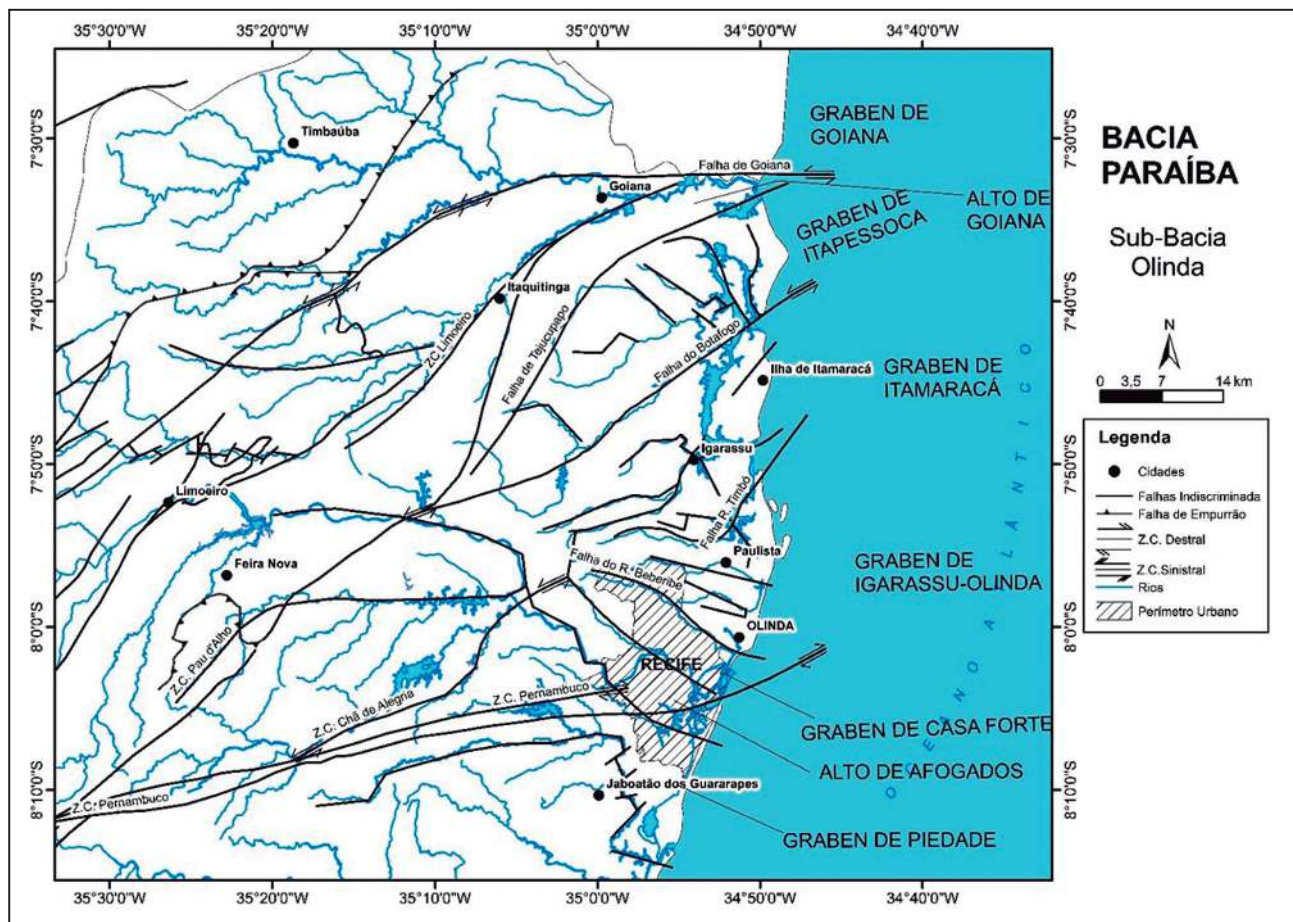


Figura 8 Mapa das subdivisões da Sub-bacia Olinda, Bacia Paraíba, a partir da sobreposição dos dados de SRTM e aeromagnetico.

Todas pelos auxílios financeiros prestados ao projeto, ao Laboratório de Geologia Sedimentar e Ambiental da UFPE (LAGESE-UFPE), pelo auxílio e infraestrutura de trabalho e estudo e ao Programa de Pós Graduação em Geociências da UFPE.

8 Referências

- Amaral, A.J.R.; Menor, E.A. & Santos, S.A. 1977. Evolução paleogeográfica da sequência clástica basal da Bacia Sedimentar Costeira Pernambuco- Paraíba. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DO NORDESTE, 8, Campina Grande, 1977, *Atas*, p. 37-63.
- Araújo, V.D.; Reyes-Peres, Y.A.; Lima, R.O.; Pelosi, A.P.M.; Menezes, L.; Córdoba, V.C. & Lima-Filho, F.P. 2006. Fácies e sistema deposicional da Formação Barreiras na região da Barreira do Inferno, litoral oriental do Rio Grande do Norte. *Geologia USP*, 6(Série Científica VI): 43-50.
- Asmus, H.E. & Carvalho, J.C. 1978. Condicionamento tectônico da sedimentação nas bacias marginais do nordeste do Brasil (Sergipe- Alagoas e Pernambuco-Paraíba). *PROJETO REMAC*, 4: 7-24.
- Barbosa, A.G. 1990 - *Folha Limoeiro* - Programa de Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil - 1:100.000 - Recife. CPRM/DNPM 124p il.
- Barbosa, J.A. & Lima Filho, M.F., 2005. Os domínios da bacia da Paraíba. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE P&D EM PETRÓLEO E GÁS, 3, Salvador, 2005, *Resumo expandido*, Salvador, 2005, p. 10-16.
- Barbosa, J.A. 2007. *A deposição carbonática na faixa costeira Recife-Natal: aspectos estratigráficos, geoquímicos e paleontológicos*, PE. Programa de Pós Graduação em Geociências, Universidade Federal de Pernambuco, Tese de Doutorado, 114p.
- Barbosa, J.A. 2004. *Evolução da Bacia da Paraíba durante o Maastrichtiano-Paleoceno: formações Gramame e Maria Farinha, NE do Brasil*, PE. Programa de Pós Graduação em Geociências, Universidade Federal de Pernambuco, Dissertação de Mestrado, 230p.
- Barbosa, J.A.; Lima Filho, M.; Neumann, V.H.; Neto, J.C.J. & Araújo, J.A.A. 2008. Potencial exploratório das bacias da Paraíba e da Plataforma de Natal. In: RIO OIL & GAS CONFERENCE, 1, Rio de Janeiro, 2008, *Boletim de Trabalhos Técnicos*, p. 1-8.
- Beurlen, K. 1967. Paleontologia da faixa sedimentar costeira Recife-João Pessoa. In: *Boletim de Geologia da Universidade Estadual de São Paulo*, 16: 73i79.
- Bezerra, F.H.R.; Brito-Neves, B.B.; Correa, A.C.B.; Barreto, A.M.F. & Suguio, K. 2008. Late Pleistocene tectonic-geomorphological development within a passive margin - the Cariatá Trough, northeastern Brazil. *Geomorphology*, 1: 555-582.
- Bezerra, F.H.R.; Lima Filho, F.P.; Amaral, R.F.; Caldas, L.H.O. & Costa Neto, L.X. 1998. Holocene coastal tectonics in NE Brazil. In: STEWARTT, I.S.; VITA-FINZI, C. (Eds.), *Coastal Tectonics*. London, Geological Society of London, p. 279-293.
- Bezerra, F.H.R. & Vita-Finzi, C., 2000. How active is a passive margin? Paleoseismicity in northeastern Brazil. *Geology*, 28: 591-594.
- Brito Neves, B.B.; Riccomini, C.; Fernandes, T.M.G. & Santanna, L.G. 2004. O sistema Tafrogênico Terciário do saliente oriental nordestino na Paraíba: Um legado Proterozóico. *Revista Brasileira de Geociências*, 34: 127-134.
- Cruz, R.L. 2002 *Mapeamento geológico da região de Cabo (PE): Sub-bacia de Pernambuco*. Programa de Formação em Geologia, Geofísica e Informática no Setor Petróleo & Gás, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Monografia, 74p.
- 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. 2003. 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, *Resumos*, p. 50.
- 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*. Departamento e Curso de Geologia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, Monografia, 59p.
- Howell, D.G. 1995. *Principles of Terrane Analysis: new applications for Global Tectonics*. London, Chapman & Hall, 122p.
- Jardim de Sá, E.F. 2003. Projeto Avaliação do Potencial Petrolífero da Bacia Pernambuco-Paraíba. ANP/UFRN/FUNPEC/UFRN. (Publicação Interna).
- Jardim de Sá, E.F.; Almeida, C.B.; Cruz, L.R.; Nascimento, M.A.L.; Antunes, A.F. & Silva, F.C.S. 2005. Controle estrutural no alojamento de rochas vulcânicas: exemplos e implicações na Bacia Pernambuco- Paraíba, NE do Brasil. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ESTUDOS TECTÔNICOS, 10, Curitiba, 2005. *Resumos Expandidos*, SBG, p. 75-77.
- 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: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 42, Araxá, 2004, *Anais*, SBG, p. 399.
- Kegel, W. 1953. Contribuição para o estudo do Devoniano da Bacia do Paraíba. DNPM, Boletim da Divisão de Geologia e Mineralogia, 141: 1-41. (Publicação Interna, 141).
- Kegel, W. 1955. Geologia do fosfato de Pernambuco. DNPM, Boletim da Divisão de Geologia e Mineralogia 157, (Publicação Interna) 54.
- Keller, E.A. & Pinter, N. 1996. *Active Tectonics: earthquakes, uplift and landscape*. New Jersey, Prentice Hall, 338p.
- Lima Filho, M.F. 1998. *Análise Estrutural e Estratigráfica da Bacia Pernambuco*. Programa de Pós Graduação em Geologia, Universidade de São Paulo, Tese de Doutorado, 139p.
- Lima Filho, M.F.; Barbosa, J.A.; Neumann, V.H.M.L. & Souza, E.M. 2005. Evolução estrutural comparativa da Bacia de Pernambuco e da Bacia da Paraíba. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ESTUDOS TECTÔNICOS, 5, 2005, Curitiba, *Boletim de Resumos Expandidos*, SBG, p. 45-47.
- Lima Filho, M.F.; Barbosa, J.A. & Souza, E.M. 2006. Eventos tectônicos e sedimentares nas Bacias de Pernambuco e da Paraíba: implicações no quebraamento do Gondwana e correlação com a Bacia do rio Muni. *Geociências*, 25(1): 117-126.

- Lima, C.C.U. & Vilas-Bôas, G.S. 2000. A arquitetura deposicional da Formação Marizal (Cretáceo Inferior) na Bacia do Recôncavo, Bahia, Brasil. *Revista Brasileira de Geociências*, 30: 729-736.
- Lima, J.C.F.; Bezerra, F.H.R.; Rossetti, D.F.; Barbosa, J.A.; Medeiros, W.E.; Castro, D.L. & Vasconcelos, D.L. 2017. Neogene-Quaternary fault reactivation influences coastal basin sedimentation and landform in the continental margin of NE Brazil. *Quaternary International*, 438: 92-107.
- Mabesoone, J.M. & Alheiros, M.M. 1988. Origem da bacia Sedimentar Costeira Pernambuco - Paraíba. *Revista Brasileira de Geociências*, 18(4): 476-482.
- Mabesoone, J.M.; Campos-Silva, A. & Buerlen, K. 1972. Estratigrafia e origem do Grupo Barreiras em Pernambuco, Paraíba e Rio Grande do Norte. *Revista Brasileira de Geociências*, 2: 173-188.
- Matos, R.M.D. 1999. History of the Northeast Brazilian Rift System: Kinematic implications for the breakup Brazil and West Africa. The oil and gas habitats of the South Atlantic. *Geological Society*, 153(Special Publication): 55-73.
- Medeiros, V.C.; Medeiros, W.E. & Jardim de Sá, E.F. 2011. Utilização de imagens aerogamaespectrométricas, Landsat ETM+E aeromagnéticas no estudo do arcabouço crustal da porção central do domínio da Zona Transversal, Província Borborema, NE do Brasil. *Revista Brasileira de Geofísica*, 29(10): 83-97.
- Menor, E.A.; Dantas, J.R.A. & Sobrinho, A.C.P. 1977. A sedimentação fosfática em Pernambuco e Paraíba: revisão de novos estudos. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DO NORDESTE, 8, Campina Grande, 1977, *Anais*, SBG-NE, p. 1-27.
- 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*. Programa de Pós-Graduação em Geologia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Tese de Doutorado, 235p.
- Nóbrega, V.A. & Alheiros, M.M. 1991. Petrografia do arenito Beberibe, Bacia Pernambuco- Paraíba. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DO NORDESTE, 11, Natal, 1991, *Atas*, SBG-NE, p. 75-77.
- Ojeda, H.A.O. 1981. Estrutura estratigrafia e evolução das bacias marginais brasileiras. *Revista Brasileira de Geociências*, 11(4): 257-273.
- Oliveira P.E. & Ramos J.R.A. 1956. Geologia das quadrículas de Recife e Ponta das Pedras. Rio de Janeiro, DNP, RJ. (Publicação Interna) 59p.
- Oliveira, E. P. 1940. História e pesquisa do petróleo no Brasil. Ministério da Agricultura, Rio de Janeiro, Ser. Publi. Agrícola, RJ. (Boletim Técnico) 205p.
- Oliveira, R. G. 2008 *Arcabouço Geofísico, Isostasia e Causas do Magmatismo Cenozóico da Província Borborema e de Sua Margem Continental (Nordeste do Brasil)*. Programa de Pós Graduação em Geodinâmica e Geofísica, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Tese de Doutorado, 411p.
- Rand, H.M. & Mabesoone, J.M. 1982. Northeastern Brazil and the final separation of South America and Africa. *Paleogeography, Paleoclimatology, Paleocology*, 38: 163-183.
- Rand, H.M. 1985. Ligação "landbridge" (ponte intercontinental) entre Pernambuco-Paraíba e Nigéria- Camarões. *Textos Didáticos*, 1(D): 1-44.
- Rossetti, D.F.; Bezerra, F.H.R.; Góes, A.M.; Valeriano, M.M.; Andrades-Filho, C.O.; Mittani, J.C.R.; Tatum, S.H. & Neves, B.B.B. 2011a. Late Quaternary sedimentation in the Paraíba Basin, Northeastern Brazil: Landform, sea level and tectonics in Eastern South America passive margin. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 300: 191-204.
- Salamuni, E.; Ebert, H.D. & Hasui, Y. 2004. Morfotectônica da Bacia Sedimentar de Curitiba. *Revista Brasileira de Geociências*, 34: 469-478.
- Santos, E.J.O. 1995. *Complexo Granítico Lagoa das Pedras: acreção e colisão na região de Floresta (Pernambuco)*. Programa de Pós Graduação em Geologia, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, Tese de Doutorado, 219p.
- Santos, E.J. & Medeiros, W.C. 1999. Constraints from granitic plutonism on Proterozoic crustal growth of the Transverse Zone, Borborema Province, Northeast Brazil. *Revista Brasileira de Geociências*, 29(1): 73-84.
- Souza, E.M. 2006. *Estratigrafia da sequência clástica inferior (andares Coniaciano- Maastrichtiano Inferior) Bacia da Paraíba, e suas implicações paleogeográficas*. Programa de Pós Graduação em Geociências, Universidade Federal de Pernambuco, Tese de Doutorado, 350p.
- Suguio, K.; Bidegan, J.C. & Mörner, N.A. 1986. Dados preliminares sobre as idades paleomagnéticas do Grupo Barreiras e da Formação São Paulo. *Revista Brasileira de Geociências*, 16: 171-175.
- Tinoco, I.M. 1971. *Foraminíferos e a passagem entre o Cretáceo e o Terciário em Pernambuco*. Programa de Pós Graduação em Geologia, Universidade de São Paulo, Tese de Doutorado, 147p.
- Tinoco, I.M. & Siqueira, L.P. 1976. Aplicação da micropaleontologia na prospecção de fosfato sedimentar. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 48(1): 47-55.
- Vilas-Bôas, G.S.; Sampaio, F.J. & Pereira, A.M.S. 2001. The Barreiras Group in the Northeastern coast of the State of Bahia, Brazil: depositional mechanisms and processes. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 73: 417-427.