



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOCIÊNCIAS**

JOÃO GABRIEL DE OLIVEIRA TOPAN

**CARACTERIZAÇÃO TECTONO-ESTRATIGRÁFICA DA SUB-BACIA OLINDA, BACIA
PARAÍBA E EMBASAMENTO ADJACENTE, NE DO BRASIL**

**Recife
2018**

JOÃO GABRIEL DE OLIVEIRA TOPAN

CARACTERIZAÇÃO TECTONO-ESTRATIGRÁFICA DA SUB-BACIA OLINDA, BACIA
PARAÍBA E EMBASAMENTO ADJACENTE, NE DO BRASIL

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geociências da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Geociências.

Área de concentração: Geologia Sedimentar e Ambiental.

Orientador: Profº. Dr. Mário Lima Filho.

Coorientador: Profº. Dr. Francisco Hilário Rego Bezerra

Recife

2018

Catálogo na fonte
Bibliotecária Valdicêa Alves, CRB-4 / 1260

- T673c Topan, João Gabriel De Oliveira.
Caracterização tectono-estratigráfica da sub-bacia olinda, bacia Paraíba e embasamento adjacente, NE do Brasil / João Gabriel De Oliveira. - 2018. 129folhas, Il.; e Tab.
- Orientador: Prof. Dr. Mário Lima Filho.
Coorientador: Prof. Dr. Francisco Hilário Rego Bezerra.
- Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco. CTG. Programa de Pós-Graduação Geociências, 2018.
Inclui Referências, e Apêndices.
1. Geociências. 2. Sub-bacia Olinda. 3. Análise tectono-estratigráfica. 4. Sub-vulcânicas. 5. Vulcânicas. I. Lima Filho, Mário.(Orientador). II. Bezerra, Francisco Hilário Rego.(Coorientador). III.Título.

UFPE

551 CDD (22. ed.)

BCTG/2018-171

JOÃO GABRIEL DE OLIVEIRA TOPAN

**CARACTERIZAÇÃO TECTONO-ESTRATIGRÁFICA DA SUB-BACIA OLINDA, BACIA
PARAÍBA E EMBASAMENTO ADJACENTE, NE DO BRASIL**

Dissertação ou Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geociências da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Geociências.

Aprovada em: 02 / 02 / 2018 .

BANCA EXAMINADORA

Profº. Dr. Mário Lima Filho (Orientador)
PPGEOC/Universidade Federal de Pernambuco

Profº. Drº. João Adauto Souza Neto (Examinador Interno)
PPGEOC/Universidade Federal de Pernambuco

Profº. Drº. Tiago Siqueira Miranda (Examinador Externo)
Universidade Federal de Pernambuco

À minha esposa Laís, que me manteve focado e determinado nos momentos mais difíceis, aos meus pais, Luiz Cláudio e Cláudia, e à meu irmão e amigo João Pedro.

AGRADECIMENTOS

Gostaria de começar, primeiramente agradecendo a Deus, e, seguida ao dono do meu *ori*, o orixá que luta pela paz, meu pai e protetor *Orixaguiã*, à *Xangô Aganjú* e à *Oyá Bamilá*. Os quais me deram força para chegar ao fim deste ciclo e constituir minha família. Agradecer ao Terreiro Ilê Obá Aganjú Okoloyá, Terreiro de Mãe Amara, no nome da minha Yaolorixá Amara Mendes, a também minha mãe Yakekerê Maria Helena Mendes Sampaio, às queridas Yabá Helaynne Sampaio e Yapetebi Gabriela Sampaio, a minha Bibica, minha amada afilhada, todas estas mulheres que com força e ancestralidade, que corre em seu sangue, me acolhem, me guiam, me amparam e que são exemplos de sabedoria, ética, fé, força, determinação, estratégia e principalmente amor... Suas Benções.

Agradeço ao meu Pai Luiz Cláudio Topan pelos momentos em que estivemos sentados juntos conversando, nos quais sempre me passou palavras de motivação. Pelos momentos de aprendizagem durante toda a vida. Como no dia em que me ensinou a arte e o esporte Orientação, iniciando como fazer um mapa sentado na calçada da vila, como ter a observação do todo em outro plano. Ao dia que com me levou para fazer a travessia Teresópolis-Petrópolis, quando eu tinha nove anos e todos o chamavam de doido. Acredito que estes pequenos eventos me fizeram querer me desafiar na natureza, querer entender como ela funciona e entender o porquê daquelas “pedras” serem daqueles formatos e como foram parar naquele local tão alto. Me ensinou que o ser humano é adaptável a qualquer coisa, sabendo ele sempre respeitar o outro e a natureza. Obrigado pai, Te amo velhinho. Agradeço a minha Mãe, Cláudia Topan, que por vários dias de ausência do meu pai foi quem cuidou de mim e de meu irmão, tarefa complicada. Aos momentos em que ingressou no curso de Ciências Biológicas na Universidade do Amazonas e me mostrou as belezas e simplicidades de toda a natureza ao meu redor. Acredito que hoje ela entenda o porquê eu fugia para ir nadar em um rio que ninguém conhecia, encarava um matagal que cercavam as vilas onde morávamos. Preocupação normal de uma mãe, mas Mãe, isso é o que me faz feliz, ver a natureza em sua forma mais real e simples, sem a interferência antrópica, entender o porquê as coisas são como são. Mãe, Te amo senhora. Agradeço ao meu Irmão João Pedro Topan, por cada briga e por cada confissão, por ser o caçula que mais parece o mais velho, por mesmo calado dizer tanto, por ser o homem que admiro e sempre admirei desde quando ele era bem pequeno, por ser tão destemido e independente que esquece que precisa da ajuda dos outros, por ser meu melhor amigo, Te amo cabeça. A vocês três meu eterno amor e agradecimento por todos os dias vividos e compartilhados. Agradeço a todos meus familiares que apostaram em mim e acreditaram que eu conquistaria este título.

Agradeço a todos os professores que tive durante a vida. Agradeço aos meus professores e orientadores durante a graduação na Universidade de Brasília, Elton Dantas, Henrique Roig, Tati Almeida. Agradeço aos professores da Universidade Federal de Pernambuco, Gorki Mariano, pela primeira aula de Geologia Introdutória, João Adauto, pelas aulas e discussões políticas, Antônio Barbosa, pelas dicas e oportunidades e ao meu Orientador Mário Lima Filho por me dar espaço para vir para Pernambuco e aprender mais sobre as maravilhas da Geologia Sedimentar e da Análise de Bacias.

Agradeço aos amigos do DGEO e do PPGEOC que estão nesta batalha romântica que é a Geologia, por cada campo, por cada descrição de lâmina, por cada piada e por cada lamentação;

Agradeço a minha família pernambucana Tia Ester Monteiro e minha cunhada Amina Monteiro, que me amparou na chegada ao Recife.

Por último justamente por ser tão importante, agradeço a minha amada esposa Laís Monteiro Gonzaga, por estes oito anos juntos dedicados a fazer das minhas conquistas as suas vitórias, pelas noites em claro ao telefone durante os cinco anos de distância, por cada viagem para me ver, por cada momento de carinho, por acreditar em mim muito mais do que eu mesmo jamais acreditei, pela paciência e também pela falta de paciência, por me erguer e dizer que isso foi só a primeira parte do que é a vida, por me ensinar coisas sobre a vida diferente dos padrões que eu conhecia, por me mostrar e me ensinar a canalizar minha revolta para a movimentação e mudança dos que não tiveram os privilégios que eu tive, por ser essa companheira que me exalta tanto e ser meu porto seguro. Meu Amor, obrigado por tudo, por ser essa pessoa tão amorosa e tão forte, que nosso amor seja maior que a idade da Terra e mais forte que a dureza do diamante. Te amo hoje e sempre minha vida, te prometo.

RESUMO

A Bacia Paraíba está localizada no extremo leste da Província Borborema, e abrange parte do litoral do Estado de Pernambuco e todo o Estado da Paraíba. A bacia tem sua evolução originada do rifteamento entre o continente Sul-americano e Africano. Este primeiro grande evento tectônico reativou as zonas de cisalhamento com direção preferencial NE-SW e E-W, entre o Jurássico Inferior e o Eo-Cretáceo, durante o início da quebra do Pangea. Comportando-se como uma rampa estrutural, que mergulha suavemente na direção leste, apresentando blocos falhados com baixo gradiente de rejeito. Para alcançar os objetivos foram utilizados o processamento de sensores remotos, como o SRTm com sombreamento de relevo, processamento de dados de aeromagnetometria (primeira derivada vertical, anomalia do sinal analítico, derivada tilt), a utilização de dados de aerogamaespectrometria para o mapeamento litogeofísico do norte da Sub-bacia Olinda, assim caracterizando as diferentes respostas dos elementos radioativos (K, Th, U), processamento de redução ao pólo, para o mapeamento dos diques e análise petrográfica e geoquímica. O objetivo geral do presente trabalho é a análise tectono-estratigráfica da Sub-bacia Olinda. Desta forma foram caracterizadas pelo menos três fases de deformação da bacia desde o Cretáceo até o Terciário, sendo estas, NNW-SSE, ENE-WSW e E-W, além da observação de reativações de zonas de cisalhamentos do embasamento de forma rúptil (falhas) na bacia. A Sub-bacia Olinda foi compartimentada em novos grabéns, Grabén de Itapessoca, o Grabén de Itamaracá, o Grabén de Igarassu-Olinda e Grabén de Casa Forte, definindo os depocentros desta sub-bacia. Foram mapeados diques de três litotipos 1) Diabásio, caracterizado por afloramentos baixos em forma de blocos e com tendência NE-SW, petrograficamente apresentando texto sub-ófidica; 2) Dácito pórfiro, caracterizado por bloco métricos, com tendências NE-SW, com fenocristais de plagioclásio, quartzo e feldspato potássico, matriz afanítica e máfica, indicando uma possível mistura entre magmas; 3) Basalto na forma de diques cortando os ortognaisses, composto de clinopiroxênio, ortopiroxênio e plagioclásio, de granulação fina e hipocristalina.

Palavras-chave: Sub-bacia Olinda. Análise tectono-estratigráfica. Sub-vulcânicas. Vulcânicas.

ABSTRACT

The Paraíba Basin is located at the eastern end of the Borborema Province, and covers part of the coast of the State of Pernambuco and the entire state of Paraíba. Host, and it would be an extension of the Patos Shear Zone. The Paraíba Basin is covering orthogneiss, supracrustal and granitic rocks, from the Paleo to the Neoproterozoic. The basin has its evolution originated from the break-up between the South American and African continents. This first major tectonic event reactivated the NE-SW and E-W trending shear zones between the Lower Jurassic and the Eo-Cretaceous during the beginning of the Pangea break. In order to reach the objectives, we used the processing of remote sensors, such as SRTm with relief shading, aerogeophysical data processing, magnetometry (first vertical derivative, analytical signal anomaly, tilt derivative), the use of aerogammaespectrometry data for the geological mapping of the northern Olinda Sub-basin, thus characterizing the different responses of the radioactive elements (K, Th, U), pole reduction processing, for the mapping of dikes and petrographic analysis. The general objective of the present work is the tectono-stratigraphic analysis of the Olinda Sub-basin. In this way, at least three phases of deformation of the basin from the Cretaceous to the Tertiary have been characterized, being these, NNW-SSE, ENE-WSW and E-W, besides the reactivation of ductile shear zones of the basement as brittle structures in the basin. The Olinda Sub-basin was subdivided into new grabens, Itapessoca, Itamaracá, Igarassu-Olinda and Casa Forte grabens, defining the sub-basin depocenters. Dykes of three lithotypes were mapped 1) Diabase, characterized by low outcrops in the form of blocks and to along NE-SW direction, petrographically presenting sub-ophidian texture; 2) Porphyry dacite, characterized by metric blocks, with NE-SW tendencies, with phenocrysts of plagioclase, quartz and alkali feldspar, aphanitic and mafic matrix, indicating a possible mixture between magmas; 3) Basalt in the form of dykes crosscutting orthogneisses, composed of clinopyroxene, orthopyroxene and plagioclase, fine granulation and hypocrystalline texture.

Keywords: Olinda sub-basin. Tectonic stratigraphic analysis. Sub-volcanic rocks. Volcanic rocks.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 –	Evolução Tectono-sedimentar das bacias da margem leste do Brasil, onde as principais representantes são as bacias da margem Sudeste: Campos, Santos, e Espírito Santo (Cainelli & Mohriak, 1998) modificado de Correia, 2015	23
Figura 2 –	Evolução tectônica da Bacia Pernambuco e da Bacia Paraíba: 1- Rift do Cupe, 2-ZCPT, 3-ZCPE, 4-Alto de Tamandaré, 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 et al, 2005).....	26
Figura 3 –	Mapa de localização da Bacia da Paraíba,o polígono vermelho abrangem a área estudada e os vulcanismo vizinhos: 1 – Suíte Magmática Ipojuca (102 Ma.), Bacia Pernambuco; 2 – Vulcanismo de Itapororoca, Bacia Paraíba; 3 – Vulcanismo Rio Ceará Mirim ($132 \pm 0,1$ Ma.) e Vulcanismo Serra do Cuó ($93,1 \pm 0,8$ Ma) e magmatismo Macau (70 a 6 Ma.), Bacia Potiguar (modificado de Mabessone et al. 1991).....	29
Figura 4 –	A) Mapa de localização do Estado de Pernambuco; B) Mapa de localização da Área de Estudo; C) Mapa de rotas para o município base da área de trabalho (Itaquitinga/PE).....	31
Figura 5 –	O Arcabouço tectônico do Domínio Transversal da Província Borborema. A gravura acima mostra os principais domínios da Província Borborema: DMC –	

Domínio Médio Coreaú, DCC- Domínio Ceará Central, DRN – Domínio Rio Grande do Norte, DT – Domínio Transversal e DM – Domínio Meridional. Ao sul da província o encontra-se o Cráton São Francisco (CSF) e a oeste a Bacia do Parnaíba. A figura a baixo mostra o Domínio Transversal e seus terrenos: TRC – Terreno Rio Capibaribe, TAM – Terreno Alto Moxotó, TAP – Terreno Alto Pajeú, STRG – Subterreno Riacho Gravatá, TPAB – Terreno Piancó – Alto Brígida e TOT – Terreno Oricuri – Trindade. Foram destacadas também as principais estruturas com os Lineamento Patos – LPT, Lineamento Pernambuco – LPE, Zona de Cisalhamento Congo-Cruzeiro do Nordeste – CCSZ, Nappe Serra de Jabitacá - SJN, Zona tectônica Texeira-Terra Nova – TTTZ e Zona de Cisalhamento Serra do Caboclo – SCSZ. Além das principais bacias, Bacia do Araripe e as Bacias Costeiras. Modificado de Santo, 2010.....

35

Figura 6 – Mapa regional do Terreno Rio Capibaribe (TRC). Observa-se a leste a Bacia Paraíba.....

38

Figura 7 – Mapa das relações entre as bacias costeiras de plataforma de Recife a Natal. (Modificado de Barbosa 2006)

39

Figura 8 – (A) Diagrama classificatório TAS (Total álcalis versus sílica) Middlemost (1994) (B) diagrama Zr – Ti de Pearce (1982) (C) diagrama AFM com campos de Irvine e Baragar (1971); (D) diagrama de Jensen (1976) ($Al \times (Fe^{2+} + Fe^{3+} + Ti) \times Mg$); (E) diagrama de Meschede (1986) para algumas poucas amostras das litologias vulcânicas encontradas.....

111

ARTIGO 1

- Figura 1 – Figura esquemática da localização da Bacia de Pernambuco, Bacia da Paraíba, Bacia Potiguar e as zonas de cisalhamentos proterozóicas e fanerozóicas 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 - Marancó, 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..... 47
- Figura 2 – Evolução tectônica da Bacia Pernambuco e da Bacia Paraíba: 1- Rift do Cupe, 2-ZCPT, 3-ZCPE, 4-Alto de Tamandaré, 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 et al, 2005)..... 51
- Figura 3 – Fluxograma das metodologias utilizadas. (A) Referente a análise por SRTM e (B) referente a análise de aeromagnetometria..... 52
- 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..... 54

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, Q2l 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..... 55

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.... 56

Figura 7 – Imagem da amplitude do sinal analítico (ASA), à esquerda. Mapa ASAc 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.....	57
Figura 8 –	Mapa das subdivisões da Sub-bacia Olinda, Bacia Paraíba a partir da sobreposição dos dados de SRTM e Aeromagnético.....	59
ARTIGO 2		
Figura 1 –	A) Mapa do Brasil e América do sul com destaque no NE brasileiro. B) Mapa do NE brasileiro onde destaca-se a área de trabalho. C) Mapa de localização da área de estudo e vias de acesso à área. Assim como relação da área de estudo com as folhas cartográficas na escala de 1:100.000.....	67
Figura 2 –	Quadro com os diagramas de rosetas dos lineamentos interpretados da área de estudo, divididos primeiramente em total, onde estão as interpretações de SRTM, Dz e Tilt. Em seguida as interpretações da bacia dividida nos mesmos dados de sensor remoto e filtros geofísicos e por fim as interpretações dos lineamentos do embasamento.....	71
Figura 3 –	Estruturas lineares traçadas utilizando dados de sensor remoto (SRTM), e processamento de dados aeromagnetométrico como primeira derivada do sinal magnético (Dz) e inclinação do sinal magnético (TILT).....	72
Figura 4 –	Mapas dos canais de potássio, tório e urânio da área de pesquisa acompanhados do mapa de distribuição ternária destes três elementos radioativos.....	74
Figura 5 –	Mapa litogeofísico interpretado através das contagens dos radioelementos potássio (K), tório(Th) e urânio(U). A legenda apresenta Za, Zm e Zb e são referentes às contagens altas, médias e baixas do elemento a frente, respectivamente.....	76

Figura 6 –	(A)Foto dos blocos de dacito pórfiro no afloramento T14, onde observa-se claramente o alinhamento NE-SW; (B) Bloco in situ de dacito porfirítico com; (C) blocos rasteiros de diabásio, próximos a estrada; (D) amostra do diabásio, onde são observados alguns fenocristais; (E) afloramento dos diques de basalto com direção E-W e (F) dique de basalto cortando o ortognaisses do embasamento.....	78
Figura 7 –	Mapa dos alto do filtro de redução ao pólo, onde várias dessas anomalias foram mapeadas em campo e encontrados os blocos in situ de dacitos porfiríticos e diques de diabásio.....	79
Figura 8 –	(A) e (B) Foto micrografia dos blocos de diabásio, onde observa-se muitos plagioclásios, em uma textura sub- ofídica, com formatos ripforme, biotita e anfibólios e piroxênios, nicóis cruzados e nicóis paralelos, respectivamente. (C) Nesta fotomicrografia podem ser observados os anfibólios, sofrendo biotitização, nicóis cruzados. (D) Composição mineralógica da matriz da extrusão sub-vulcânica, composta de quartzo, plagioclásio e biotita, com micóis paralelos, fotomicrografia apresenta por Vila Nova (2005).....	81
Figura 9 –	(A) e (B) Fotomicrografia das bordas de embainhamento nos quartzos indicando a reação entre o magma e os cristais já formados, nicóis cruzados e paralelos, respectivamente. (C) e (D) Observa-se a relação da bitita alterando os anfibólios e piroxênios, nicóis cruzados e paralelos, respectivamente. (E) e (F) Pode-se observar como os plagioclásios são grandes e bem formados, nicóis cruzados e paralelos, respectivamente. (G) Observa-se a zonação dos plagioclásios e (H) o	

	intercrescimento mimerquítico, estes últimos observados por Moraes (2005).....	83
Figura 10 –	(A) e (B) Fotomicrografia dos basaltos onde podem ser observados clots de titano-augita, sofrendo cloritização, a relação dos plagioclásios dispersos na matriz de diferente tamanhos, porém a maioria ripforme, e matriz afanítica, nicóis cruzados e paralelos, respectivamente. (C) Fotomicrografia, onde observa-se a variação dos tamanhos de plagioclásios e suas bordas indicando resfriamento rápido. (D) Fenocristal de plagioclásio em matriz afanítica, fotomicrografia de Moraes (2005).....	85
ANEXO 1 –	Mapa geológico compilado e modificado de Santos et al 2016 e Valença et al 2014.....	91
ARTIGO 3		
Figure 1 –	Location map of the study area. (A) Map of South America with emphasis on the eastern end of the continent. (B) Map of some states of the Brazilian NE, especially in the study area. (C) Basemap made the map area.....	95
Figura 2 –	Flowchart of routine work for the preparation of the Geological Map compiled North of Pernambuco Basin and South Basin Paraíba.....	96
Figura 3 –	Image attribute table, the ArcMap software 10.3, referring to the lines file (geo_line), this has structure information, grade, type, name and contact, and other generated by the software itself.....	98
Figura 4 –	Image point file attribute table (geo_point) concerning the measures collected in the field or scanned from a map already finalized.....	100
Figura 5 –	SRTM relief image with shading processing with the sun azimuth direction and height 315° angle of	

	45°.....	102
Figura 6 –	Model of the geographical data generated flock to the North Compiled Map of Pernambuco Basin and South Basin Paraíba.....	103
Figura 7 –	Geological Map compiled from northern Pernambuco Basin and South Basin Paraíba.....	105

LISTA DE TABELAS

ARTIGO 3

Table 1 –	Table referring the topology rules to be used for corrections in the line file (geo_line).....	99
-----------	---	----

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	20
1.1	CONSIDERAÇÕES GERAIS.....	20
1.1.1	O Rifteamento Atlântico Sul.....	20
1.1.2	O Rifteamento no contexto da Província Borborema.....	23
1.1.3	Vulcanismo nas Bacias Marginais Vizinhas.....	26
1.2	APRESENTAÇÃO E OBJETIVOS.....	29
1.2.1	Objetivo Geral.....	30
1.2.2	Objetivos Específicos.....	30
1.3	LOCALIZAÇÃO E VIAS DE ACESSO.....	31
1.4	MATERIAIS E MÉTODOS.....	31
1.4.1	Revisão Bibliográfica e Construção da Base de Dados....	31
1.4.2	Sensoriamento Remoto e Geofísica.....	32
1.4.3	Etapas de Campo.....	32
1.4.4	Petrografia.....	32
2	CONTEXTO GEOLÓGICO	33
2.1	PROVÍNCIA BORBOREMA	33
2.2	SUBPROVÍNCIA TRANSVERSAL OU DOMÍNIO TRANSVERSAL (DT).....	36
2.3	TERRENO RIO CAPIBARIBE (TRC).....	37
2.4	BACIA PARAÍBA.....	38
2.4.1	Formação Beberibe.....	40
2.4.2	Formação Itamaracá.....	40
2.4.3	Formação Gramame.....	41
2.4.4	Formação Maria Farinha.....	42
2.4.5	Grupo Barreiras.....	43
2.4.6	Sedimentos Pós-Barreiras.....	44
3	RESULTADOS.....	45
3.1	ARTIGO 1 - ESTUDO AEROMAGNETOMÉTRICO E MORFOTECTÔNICO DA SUB-BACIA OLINDA, BACIA	

	PARAÍBA, E DO EMBASAMENTO ADJACENTE.....	45
3.2	ARTIGO 2 - CARACTERIZAÇÃO GEOLÓGICA, GEOFÍSICA DOS CORPOS ÍGNEOS DA BORDA DA SUB-BACIA OLINDA, BACIA PARAÍBA, NE BRASIL.....	63
3.3	ARTIGO 3 - DIGITAL GEOLOGICAL MAPPING ROUTINE IN GEOGRAPHIC DATABASE: AN EXAMPLE OF THE MAP OF NORTH PERNAMBUCO BASIN AND SOUTH BASIN PARAÍBA, NE BRAZIL.....	92
4	DISCUSSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	108
	REFERÊNCIAS	114
	APÊNDICE A –TABELA DE DADOS GEOQUÍMICOS	128

1 INTRODUÇÃO

1.1 CONSIDERAÇÕES GERAIS

1.1.1 O Rifteamento Atlântico Sul

As bacias marginais brasileiras resultaram do processo de ruptura do Megacontinente Gondwana Oeste, que culminou no desenvolvimento do Rift Sul-Atlântico, no Cretáceo Inferior. (Almeida et al., 2000; Jackson et al., 2000; Bueno, 2004; Dickson et al., 2003; Davison, 2007; Aslanian et al., 2009; Moulin et al., 2010; Lentini et al., 2010).

Para o Atlântico Sul discute-se uma evolução de propagação simultânea de riftes pelo Sul e pelo Norte do continente afro-americano (Conceição et al. 1988; Bradley e Fernandez, 1992; Standlee et al. 1992). Os pontos iniciais de abertura teriam sido os dois hot spots: Santa Helena e Tristão da Cunha. Após a instalação de riftes teria ocorrido a propagação de megafaturas nos sentidos sul e norte, dando-se o encontro entre ambas a Noroeste do Gabão e Nordeste do Brasil. As bacias do segmento a sul desta região de encontro de megafaturas, onde vários trabalhos defendem uma propagação policíclica de sul para norte, entre os quais se encontra o de Asmus & Porto (1972); Szatmari et al. (1987); Dias (1993); Destro (1994); Davison (1999), Mohriak (2001).

Ao fim do magmatismo continental e durante o aquecimento climático por ele provocado na Idade Rio da Serra (145 Ma), ocorreu o *break-up* inicial. Este ampliou as taxas de extensão nos riftes a norte e gerou a discordância de propagação pré-Aratu (131 Ma). Após o *break-up* inicial, que possivelmente se estendeu até o Sinclinal de Torres, seguem-se outras duas fases de oceanização, constituindo-se num clássico exemplo de rifte propagante. Sucede a este *break-up* um evento tardio, cuja produção de crosta oceânica está registrada na mais velha anomalia magnética do Atlântico Sul na latitude do Paraná, M3 (Stewart et al. 1996), indicando a idade de 126 Ma para o prolongamento do incipiente Atlântico Sul até a região da atual Bacia de Santos, porção sul.

Nas margens do Oceano Atlântico Sul observam-se duas direções de enxames de diques. Datações $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ (Erlank et al. 1984 e Stewart et al. 1996) sugerem que os diques ortogonais do Arco de Ponta Grossa (137 - 130 Ma) são mais antigos do que aqueles paralelos à atual margem atlântica (133 - 125 Ma). Essa informação converge para os estudos geoquímicos e isotópicos destas rochas, que fornecem parâmetros quanto ao grau de contaminação crustal das mesmas (Wilson, 1993). Isto porque a maioria dos basaltos da Província Paraná - Etendeka é enriquecida em isótopos de Sr-Nd-Pb, indicativo de expressiva fusão parcial em domínios de crosta continental, enquanto apenas os diques pertencentes aos enxames paralelos à costa apresentam afinidades

geoquímicas relativas aos basaltos oceânicos atuais, sugerindo que os mesmos sejam diácronos em relação aos ortogonais à margem (Turner et al. 1994). No Brasil, até a latitude 31°S (poço 1-RSS-3 na Bacia de Pelotas) os *seaward dipping reflectors* - SDR ocorrem na forma clássica de cunhas basálticas, entretanto, a norte mostram-se falhados e rotacionados (Fontana, 1996). Este tectonismo registra a propagação do rifte para norte, que culminaria na segunda fase de *break-up*, que teria se estendido até Santos Sul - Walvis Norte, bacia que apresenta significativa semelhança dos refletores com aqueles encontrados nas seções sísmicas da Bacia de Pelotas (Bueno, 2004). A deformação sofrida pelos SDR demonstra que o tectonismo de uma fase rifte contígua a um segmento que já se encontra na fase termal produz lateralmente uma zona tectônica de transição. Esta fase diastrófica produziu uma discordância de idade Buracica (Neobarremiano) na Bacia de Santos e teve como efeito remoto, nas bacias rifte a nordeste, o hiato observado nas curvas de subsidência no intervalo 127 - 124 Ma.

Após o deslocamento para sudeste ao longo do lineamento Capricórnio (Bueno et al. 2004), a separação continental contorna o Platô de São Paulo e prossegue na direção norte. De Asmus e Baisch (1983) até os trabalhos atuais pouca divergência surgiu quanto à idade do *break-up* final. As análises de diferentes fontes de dados situam- no entre o Neo-aptiano (ca. 125 Ma) e o Eoalbiano (ca. 105 Ma). Feijó (1996), a partir de estudo sedimentológico e paleontológico nas rochas da Formação Muribeca da Bacia de Sergipe, concluiu que o último elo entre os continentes americano e africano rompeu-se no Neo-aptiano, permitindo o estabelecimento da livre circulação de água entre os oceanos Atlântico Sul e Equatorial. Esta interpretação corroborou a hipótese aventada por Dias- Brito (1987), que a sugeriu após encontrar os microfósseis das espécies tetianas *Nanoconnus truitti* e *Favusella washitenses* também na Bacia de Sergipe. Mohriak et al. (1998) interpretaram a presença de cunhas de SDR à frente das bacias de Jacuípe e Sergipe e também lhes atribuíram a idade aptiana. Enquanto Françolin & Szatmari (1987), ao estudarem a evolução do Rifte Atlântico Equatorial, posicionaram o *break-up* final no Eoalbiano, quando teria iniciado o movimento divergente leste-oeste entre os continentes sul-americano e africano (Bueno et al. 2004).

Assim entende-se a evolução da abertura do Oceano Atlântico da seguinte forma: a primeira fase (Fig. 1a) soerguimento astenosférico com afinamento litosférico regionalmente distribuídos, e origem de falhas distensionais e fraturas na crosta superior. Durante a segunda fase (Fig. 1b) está associada à ascensão de material magmático, com predomínio de extrusões basálticas, e surgimento de falhas que afetaram a crosta continental em níveis crustais mais profundos e que podem nuclear meio-grábens; normalmente preenchidos por sedimentos de origem lacustre (esta fase pode ser

relacionada aos depósitos Neocomiano-Barremianos da margem continental brasileira), estas manifestações vulcânicas podem ser subaéreas ou subaquosas de espalhamento do assoalho oceânico. A partir do registro sísmico estas manifestações são relacionadas aos SDR (Hinz, 1981; Mutter et al., 1982; Mohriak et al., 1998; Cainelli & Mohriak, 1999), ou seja, cunha de material basáltico que à medida que o material foi expelido gerou sucessivas cunhas amalgamadas sobre a placa continental. Na terceira fase (Fig. 1c) pode ocorrer ou não magmatismo continental associado, rotação dos planos de falha e erosão de blocos da fase rifte, este ajuste do arcabouço interno da bacia recém formada promove a origem de uma discordância angular, que separa tipicamente os sedimentos depositados em ambiente continental-lacustres dos sedimentos transicionais-marinhos, na região onshore da BPB, esta discordância pode estar associada a Formação Beberibe. A 4ª fase (Fig. 1d) representa o efetivo espalhamento da crosta oceânica e a situação de deriva continental. A partir da 5ª fase (Fig. 1e) inicia-se com a instalação de extensa plataforma carbonática, normalmente Albiana, com a sucessiva deposição de pelitos, devido ao aumento do nível dos mares durante Cenomaniano-Turoniano que criou em muitas bacias da margem continental brasileira a situação de “bacia faminta” (Cainelli & Mohriak, 1999).

Logo a evolução da margem leste da PB está relacionada à origem do Oceano Atlântico e as bacias marginais do nordeste brasileiro, segundo Cainelli & Mohriak (1998), podendo ser descrita em cinco fases que englobam mecanismos regionais de diferentes fases tectônicas e de sedimentação.

Em seguida será explicada a evolução do rifteamento com foco nas bacias sedimentares do nordeste brasileiro, onde está situada a área de estudo.

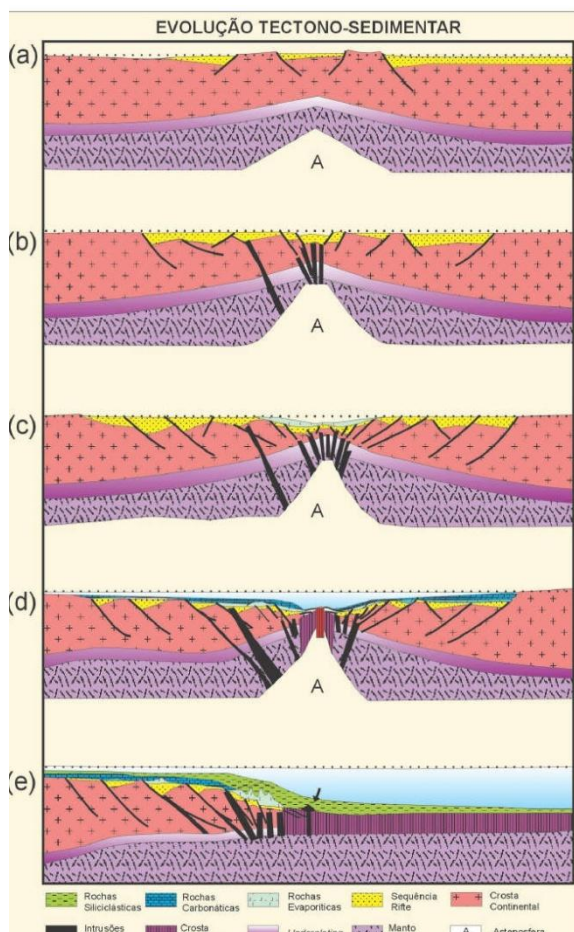


Figura 1 - Evolução Tectono-sedimentar das bacias da margem leste do Brasil, onde as principais representantes são as bacias da margem Sudeste: Campo, Santos Espírito Santo.

Fonte: Cainelli & Mohriak, 1998

1.1.2 O Rifteamento no contexto da Província Borborema

A partir da década de 80, alguns estudos geofísicos já mostravam a diferenciação entre os setores incluídos na denominada Bacia Pernambuco-Paraíba. Estudos realizados a partir de dados sísmicos mostravam que o setor sul dessa imensa faixa, por vezes denominado de Bacia do Cabo, localizado entre o Alto de Maragogi e a Zona de cisalhamento de Pernambuco (ZCPE), possui um arcabouço profundo, controlado por falhas normais de expressivo rejeito, formado sobre uma região de crosta continental estirada que compreende o platô de Pernambuco (Alves & Costa, 1986; Mello et al., 1988). Posteriormente Lima Filho (1998) definiu esse trecho como uma bacia individualizada denominando-a de Bacia de Pernambuco, ressaltando o seu potencial exploratório para petróleo e gás natural. Outros estudos também trataram a Bacia de Pernambuco como uma etapa do rifte Aptiano que avançava de sul para norte, formando nesse ponto uma bacia cuja abertura se deu de forma oblíqua ao eixo do rifte (Polônia, 1997; Matos, 1999). Esta bacia possui uma faixa costeira

muito estreita, onde afloram rochas sedimentares datadas do Aptiano ao Turoniano. Também ali afloram rochas associadas a um evento de vulcanismo que afetou a bacia durante o Neo-Albiano (Lima Filho, 1998; Nascimento, 2003). A região do platô de Pernambuco, que chega a mais de 150 km, ocupa regiões de águas profundas e ultra-profundas onde a espessura do pacote sedimentar foi estimada em mais de 4.000 m, sobre as regiões de depocentro (Alves & Costa, 1986; Mello et al., 1988; Gomes, 2005).

O trecho a norte da ZCPE, até o Alto de Touros, foi alvo de estudos não tão recentes e um modelo de evolução das bacias ali existentes foi sugerido (Barbosa, 2007; Barbosa & Lima Filho, 2005, 2006; Lima Filho et al., 2005). De forma geral, esse trecho apresenta-se como um fragmento da margem continental cujo comportamento rígido durante a fase de rifteamento permitiu que semantivesse elevado e sofresse pouco estiramento, tendo apenas sofrido flexão mais importante durante a fase pós-rifte, possivelmente, a partir do Turoniano-Santoniano? (Jardim de Sá et al., 2004; Barbosa, 2004, 2007; Barbosa & Lima Filho, 2005, 2006; Lima Filho et al., 2005). Nesse trecho, a plataforma é estreita, terminando de forma abrupta na região de borda, formando um talude íngreme que termina quase que diretamente na placa oceânica (Barbosa, 2007; Barbosa & Lima Filho, 2006). O embasamento da plataforma marginal apresenta uma flexura suave para leste, cujo gradiente varia de 1° a 3°, com falhamentos normais de pequeno rejeito. Na região costeira a espessura da cobertura sedimentar apresenta um máximo de 400 m, e na região plataformal a espessura pode ser estimada em um máximo de 1.500 m (Barbosa & Lima Filho, 2006). Esta zona se divide em dois setores, nos quais a natureza do embasamento e a existência do sistema de zonas de cisalhamento da Província Borborema (PB) (Vauchez et al., 1995; Neves & Mariano, 1999; Van Schmus et al., 2003) determinaram o perfil de deposição das bacias marginais e a natureza dos depósitos existentes. O setor sul, entre a ZCPE e a Zona de Cisalhamento Patos (ZCPA) apresenta maior flexão do embasamento, sucessão sedimentar mais espessa, denominado de Bacia da Paraíba, por abranger um trecho do litoral norte de Pernambuco e praticamente todo o Estado da Paraíba (Barbosa, 2004, 2007, Barbosa & Lima Filho, 2006).

Nesse setor sul localizam-se os pontos de maior espessura da coluna sedimentar, tanto na faixa costeira (400m), quanto na plataforma (Barbosa, 2007; Barbosa & Lima Filho, 2006). O setor norte desse trecho, localizado entre a ZCPA e o Alto de Touros, denominado de Plataforma de Natal, apresenta o perfil mais elevado do embasamento e espessura da coluna sedimentar menor do que a Bacia da Paraíba. (Barbosa & Lima Filho, 2006).

Não foram encontrados, até o presente, depósitos da fase rifte na região costeira dessa faixa, o que reforça a hipótese de que este trecho teria recebido deposição apenas a partir do Turoniano (Feitosa & Feitosa, 1986; Barbosa, 2004, 2007; Barbosa et al., 2006, 2008).

Assim, Lima Filho et al.2005, propõe uma sequência evolutiva para as bacias de Pernambuco e da Paraíba. No Aptiano, o Lineamento Pernambuco se movimentou na área afetada pelo rifteamento (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 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 calma tectônica, sendo depositados os carbonatos plataformais da Formação Gramame (Lima Filho et al.2005).

Devido ao mapeamento de corpos ígneos na área, serão exemplificados e descritos segundo a literatura os vulcanismos em bacias sedimentares mais próximos à Sub-bacia Olinda, Bacia Paraíba, no tópico seguinte.

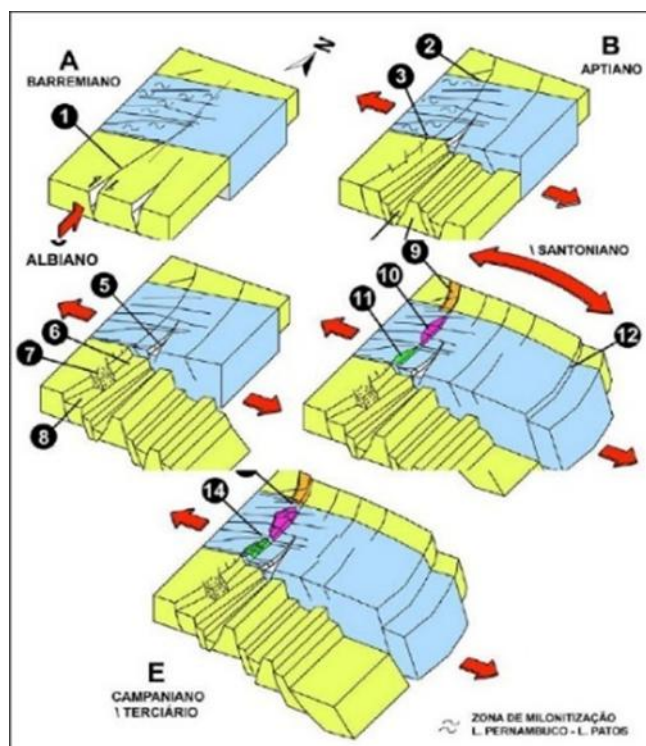


Figura 2 - Evolução tectônica da Bacia Pernambuco e da Bacia Paraíba: 1- Rift do Cupe, 2- ZCPT, 3-ZCPE, 4-Alto de Tamandaré, 5- Graben de Olinda, 6- Graben de Piedade, 7- Granito do Cabo de Santo Agostinho, 8- Graben do Cupe, 9-Sub-bacia de Cagaretama, 10 - Sub-bacia Alhandra e Miriri, 11-Sub-Bacia Olinda,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

Fonte: modificado de Lima Filho et al. 2005.

1.1.3 Vulcanismo nas Bacias Marginais Vizinhas

O magmatismo é considerado um fator controlador da geração de bacias rifte quando o rifte em questão é ativo (associado a uma pluma mantélica). Ou seja, a ocorrência de magmatismo é um forte indicativo de rifte ativo. Por outro lado, o magmatismo também é considerado um fator controlador do preenchimento de bacias rifte, pois estudos recentes indicam que a dinâmica tectônica, os padrões de preenchimento, sistemas deposicionais e modelos de fácies são diferentes quando ocorrem eventos vulcânicos intercalados com rochas sedimentares (Bueno, 2004 e Azevedo, 2004). De certa forma, antigas classificações de bacias riftes relevavam significativamente o vulcanismo em seus modelos, podendo citar Pollard et al. (1983), que classifica os riftes como (1) rifte com preenchimento vulcânico, (2) rifte com preenchimento vulcano-sedimentar e (3) rifte com preenchimento sedimentar. Como o vulcanismo não responde como aporte, embora preencha o espaço, ele pode gerar anomalias de preenchimento, resultando em

rearranjos de sistemas deposicionais que podem ser interpretados como padrões de empilhamento sem relações com padrões evolutivos claros no preenchimento de um rifte (Chorowickz, 2005).

Devido à descrição de rochas vulcânicas e sub-vulcânicas, neste trabalho, serão descritos os vulcanismos das bacias sedimentares vizinhas a Bacia Paraíba, a seguir.

A Bacia Pernambuco apresenta um magmatismo de idade Ar^{40}/Ar^{39} variando de $104,4 \pm 8$ a $100,3 \pm 0,6$ Ma. (Nascimento, 2003) nomeada de Suíte Magmática Ipojuca (Cruz, 2002). São reconhecidas seis unidades magmáticas, descritas como Granito do Cabo (incluindo tipos monzoníticos), rochas piroclásticas (ignimbritos), traquitos, riolitos, basaltos/traque-andesitos e riolitos tardios. No modelo de evolução tectônica apresentado por Nascimento, 2003, a primeira etapa envolve a subida da astenosfera e o subsequente ou sincrônico início do rifteamento crustal (com extensão predominante na direção NW-SE) e deposição das seções mais inferiores da Formação Cabo (fácies conglomeráticas). Magmas básicos são gerados e posicionados na base da crosta, proporcionando a sua fusão e gerando os magmas ácidos. Dá-se, então, a colocação diversos magmas (básicos a ácidos) em subprofundidade praticamente simultânea dos (domos, lacólitos, diques, soleiras, plugs) ou na superfície (derrames, fluxos piroclásticos). Com isto, fecha-se o ciclo de rifteamento (nesta etapa podendo haver sedimentação de fácies mais tardias da Formação Cabo sincrônicas a atividades vulcânicas). As formações Estiva e Algodoais estariam relacionadas a etapas pós-rifte (ou drifte), com o completo arrefecimento da astenosfera, que voltaria a posição normal, horizontalizada.

No entanto, na Bacia Potiguar (BP) são reconhecidos três eventos: enxame de diques sinrifte relacionados ao magmatismo Rio Ceará Mirim ($132 \pm 0,1$ Ma), caracterizado por enxame de diques máficos diabásicos de natureza toleítica, derrames de basaltos alcalinos Cuó ($93,1 \pm 0,8$ Ma) e basaltos e diabásios do magmatismo Macau, com idades distribuídas de 70 a 6 Ma (Souza et al., 2003; Knesel et al., 2011). O magmatismo Rio Ceará Mirim é colocado como parte de extensa atividade magmática básica que ocorreu do Jurássico Inferior ao Cretáceo Inferior, procedendo os eventos de rifteamento relacionados à abertura do Atlântico Central e Sub-Equatorial, cujos efeitos termomecânicos nuclearam e governaram o início do rifteamento da Bacia Potiguar e adjacências. O magmatismo Serra do Cuó tem caráter intraplaca e sua afinidade temporal com outras feições tectono-estratigráficas da BP ocorre durante o Campaniano/Santoniano, simultâneo à deposição da Formação Jandaíra, intalando-se como um pulso ígneo de afinidade alcalina que “cozinhou” e soergueu os arenitos da Formação Açu. Já o magmatismo Macau, configura-se como uma faixa de

largura de aproximadamente 40 km e direção N-S, sugerindo um campo de *stress* extensional E-W durante a sua intrusão. Ocorre na forma de *plugs*, diques, derrames e soleiras, desde o *offshore* da BP até o dentro do Estado de Pernambuco (Mayer, 1974).

O vulcanismos de Itapororoca tem como origem trabalhos geológicos dos anos 70, o sistema CPRM-DNPM (Barbosa et al. 1974) discriminou uma área de “intrusivas cretácicas” sotopostas ao Grupo Barreiras a norte de Itapororoca, no estado da Paraíba (Bley et al. 2008). Estando ligado ao trabalho devido à existência de vulcanismo relacionado à Bacia Paraíba. Sendo nomeada de Unidade/ Complexo (para) Estratigráfica Piris do Vigário (UEPV), está sotoposta ao Grupo Barreiras e sobreposta aos ortognaisses cisalhado do TAP. Esta unidade é moldada na forma de tabuleiros, com aproximadamente 100 m acima do nível de cotas do cristalino peneplanizado. Formando estruturas circulares quilométricas, de composição litológica complexa, origem problemática e idade e processo evolutivo discutível, foi dividida em três grupos: Grupo 1 possui matriz de composição silicática extremamente fina (criptocristalina), em lâmina observa-se que os minerais primários sofre oxidação e o principal mineral identificado é a goethita, com microestruturas frequentemente perpassadas por microveios de sílica indicativos de fluxo em textura microcristalina fina, ainda nesse grupo pertencem possíveis “bombas vulcânicas”, além de seixos de quartzo imersos em matriz microcristalina quartzosa fina, indicando sob todos os aspectos fluxo similar a derrames de lava de caráter plástico em superfície. O Grupo 2 apresenta matriz microfibrosa em luz natural, de aspecto microscristalino fino contendo minerais em início de oxidação em contato direto com microveios de quartzo dispersos cortando irregularmente a matriz desse material, o que lhe confere aspecto de movimentação vulcânica com alguma plasticidade. Grupo 3 exhibe quase totalmente matriz com ausência de material matricial e fundo de coloração avermelhada, seja escura ou clara, indicando um processo de oxidação dos minerais ou matriz existentes.(Bley et al. 2008).

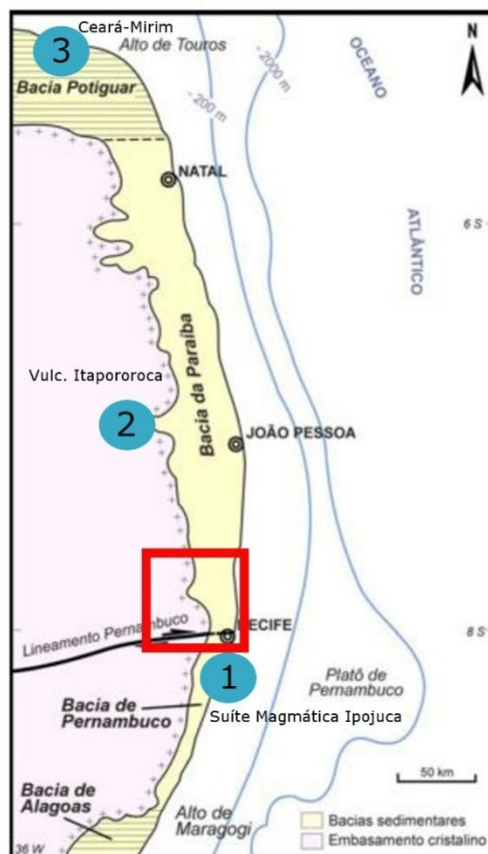


Figura 3 - Mapa de localização da Bacia da Paraíba, o polígono vermelho abrange a área estudada e os vulcanismos vizinhos: 1 – Suíte Magmática Ipojuca (102 Ma.), Bacia Pernambuco; 2 – Vulcanismo de Itapororoca, Bacia Paraíba; 3 – Vulcanismo Rio Ceará Mirim ($132 \pm 0,1$ Ma.) e Vulcanismo Serra do Cuó ($93,1 \pm 0,8$ Ma.) e magmatismo Macau (70 a 6 Ma.), Bacia Potiguar.

Fonte: (modificado de Mabessone et al. 1991).

1.2 APRESENTAÇÃO E OBJETIVO

O trabalho em questão trata-se de uma coletânea de artigos, um internacional e dois nacionais, compreendendo os dados obtidos nas etapas de campo, de laboratório e processamento de dados de sensores remotos e aerogeofísica. O mesmo resultando na elaboração desta dissertação, preenchendo os requisitos exigidos pelo Programa de Pós-Graduação em Geociências da Universidade Federal de Pernambuco, para a obtenção do título de Mestre em Geociências na área de concentração em Geologia Sedimentar e Ambiental.

Nesta conjuntura os artigos que compõem esta dissertação, abordam principalmente as atividades de sensoriamento remoto e geofísica de estruturas da Sub-Bacia Olinda, Bacia Paraíba e do embasamento adjacente. Assim como petrografia e geofísica de corpos ígneos no embasamento

adjacente a região Norte da Sub-Bacia Olinda. Desta forma cumprindo todas as etapas proposta no presente trabalho, intitulado CARACTERIZAÇÃO TECTONO-ESTRATIGRÁFICA DA SUB-BACIA OLINDA, BACIA PARAÍBA E EMBASAMENTO ADJACENTE, NE DO BRASIL.

O embasamento da Bacia da Paraíba é composto pelo domínio da Zona Transversal e os subdomínios Terreno Alto Pajeú, Terreno Alto Moxotó e Terreno Rio Capibaribe. Este embasamento foi abordado por Brito Neves, 2004 em um trabalho que visa à relação da tafrogênese no Terciário.

Ao caracterizar a tectono-estratigrafia da Sub-bacia Olinda, limitada ao sul pela Zona de Cisalhamento Pernambuco e a norte pela Falha de Goiana na Bacia Paraíba e as estruturas do embasamento adjacente que afetam a bacia. Muitos dos trabalhos publicados (Jardim de Sá et al., 2004; Barbosa, 2004, 2007; Barbosa & Lima Filho, 2005, 2006; Lima Filho et al., 2005), essas questões foram deixadas de lado. As relações e diferenciações do embasamento das bacias de Pernambuco e da Paraíba devem ser melhor estudadas e aprofundadas, pois na atual conjuntura em que estão os leilões de blocos de exploração do petróleo e a venda de blocos da margem atlântica norte, esses dados serão importantes para proporcionar maior conhecimento sobre essa porção que foi o último elo entre as placas Sulamericana e Africana.

1.2.1 Objetivo Geral

Análise estrutural e estratigráfica e tectônica da Bacia Paraíba

1.2.2 Específicos

- Compreensão da relação do embasamento com a sedimentação da Bacia Paraíba no Cretáceo;
- Relação dos diversos terrenos do embasamento com sua gênese e sua influência na formação de depocentros;
- Análise de quais foram as direções de extensão das bacias desde o Pré-Cambriano até o Terciário;
- A influência da separação tardia das Placas Sul-Americana e Africana na evolução das duas bacias;

1.3 Localização e Vias de Acesso

A área de estudo está localizada no nordeste do Brasil, mais especificamente entre os municípios de Nazaré da Mata e Goiana. Na região nordeste do Estado de Pernambuco, na mesorregião da zona da mata do norte pernambucano.

O acesso a região pode ser obtido a partir de duas rotas partindo da cidade de Recife/PE (Fig. 3 C): 1) rota de 85,6 km, que compreende a BR-408, devendo-se seguir até o acesso a PE-052, que fica poucos quilômetros após a cidade de Tracunhaém/PE. Acessa-se a PE-052 até a cidade de Itaquitinga/PE (município central da área de estudo); 2) rota de 88,3 km, que compreende o acesso a BR-101, até a cidade de Goiana/PE onde deve-se acessar a PE-075 e em seguida a PE-062 até o município de Condado/PE, onde acessa-se a PE-052 até a cidade de Itaquitinga/PE.

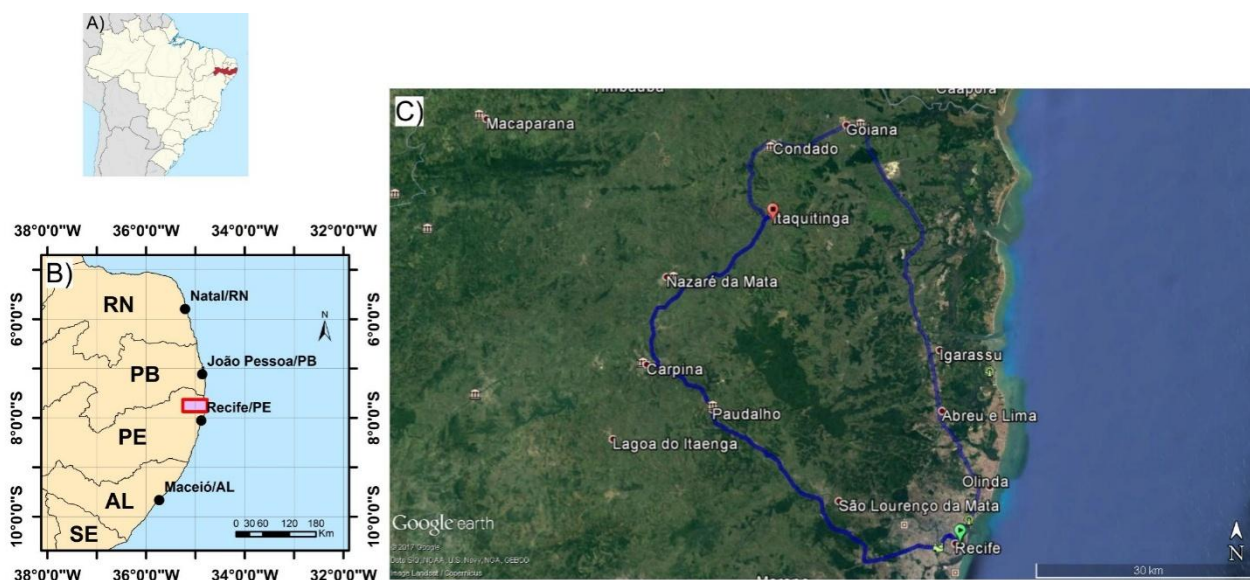


Figura 4 A) Mapa de localização do Estado de Pernambuco; B) Mapa de localização da Área de Estudo; C) Mapa de rotas para o município base da área de trabalho (Itaquitinga/PE)
Fonte: o autor

1.4 Materiais e Métodos

1.4.1 Revisão Bibliográfica e Construção da Base de Dados

Foi realizada uma compilação de dados cartográficos disponíveis sobre a região, como mapas geológicos, estruturais e topográficos em arquivos vetoriais disponíveis no GEOBANK/CPRM e trabalhos publicados como Lima Filho 1998 e Carryet al. 2015. Em posse dos dados foi criado uma base de dados geográfica, onde todos os dados estão sobre o mesmo datum e com tabelas de atributos padronizada e um mapa geológico compilado de Goiana/PE, limite norte, a Ipojuca/PE, limite sul, e a oeste até o município de Buenos Aires/PE.

1.4.3 Sensoriamento Remoto e Geofísica

O acesso às imagens utilizadas foram do sensor remoto SRTM (*Digital Elevation Model* DEM) da missão SRTM (*Shuttle Radar Topographic Mission*), de resolução de 30 metros/pixel, encontrado no site *earthexplorer.usgs.gov*. O processamento de relevo sombreado em 315° de azimute do Sol, ângulo de elevação do Sol de 45° e exagero vertical de três vezes o normal da imagem, devido na área existir várias estruturas NE-SW, NW-SE, N-S e E-W, que são destacadas por este ângulo de 315°.

Os dados geofísicos foram adquiridos na CPRM e são referentes ao aerolevantamento do Projeto Borda Leste do Planalto da Borborema, contendo magnetometria e gamaspectrometria e executado pela empresa LASA Engenharia e Prospeção S.A. e Prospectors Aerolevantamentos e Sistemas Ltda. no ano de 2008 para a CPRM. São caracterizados por espaçamento entre as linhas de voo (N-S) e de controle (E-W) de 500 e 1.000 m, respectivamente. Com esses dados foram feitos processamentos como: derivada vertical e horizontal do campo magnético anômalo, derivada *tilt*, magnético reduzido ao polo, anomalia do sinal analítico, ternário (K, U e Th), canal de K, canal de Th e canal de U. Para os dados aeromagnetométricos foram utilizados os filtros de primeira derivada vertical (Dz), amplitude do sinal analítico (ASA), reduzido ao polo do campo magnético residual, reduzido ao polo do campo magnético, sinal analítico do campo magnético e derivada *tilt* ou inclinação do sinal analítico (*tilt*).

Os dados foram utilizados na interpretação de estruturas lineares regionais e locais, interpretação de corpos magnéticos posteriormente analisados e mapeados.

1.4.2 Etapas de Campo

Foram realizadas três etapas de campo. A primeira com um objetivo de reconhecimento da geologia regional e aquisição de medidas estruturais na Sub-Bacia Olinda como um todo. A segunda e terceira etapas foram localizadas na área de estudo com o intuito de um mapeamento geológico na escala de 1:100.000 de uma área de aproximadamente 450 km², coleta de amostras, identificação de medidas estruturais e o mapeamento dos corpos ígneos relatados por Ferrer 2005 e Vila Nova 2005.

1.4.4 Petrografia

Após a coleta das amostras, essas foram descritas, macroscopicamente, e devidamente selecionadas para a confecção de lâminas petrográficas, a serem estudadas no microscópio óptico de luz transmitida no Laboratório de Microscopia Óptica do Departamento de Geologia da

Universidade Federal de Pernambuco (UFPE). A confecção das lâminas delgadas foi realizada no Laboratório de Laminação da UFPE.

O estudo petrográfico teve como prioridade a identificação e descrição da mineralogia e microfeições presentes nas rochas estudadas. Dessa forma, foram feitas análises modais das seções delgadas, e posteriormente as proporções obtidas foram utilizadas para a classificação das rochas vulcânicas segundo Streckeisen (1976). A partir destas descrições foram selecionadas amostras para a análise de litogeoquímica.

2 CONTEXTO GEOLÓGICO

2.1 PROVÍNCIA BORBOREMA

A Província Borborema foi definida por Almeida et al. (1977) como faixa móvel brasileira, limitando-a ao norte pelo cráton São Luís, ao sul pelo cráton São Francisco, à oeste pela Bacia do Parnaíba e a leste pelas bacias costeiras. Com o arcabouço tectônico descrito inicialmente por Brito Neves (1975) como um sistema de dobramentos estruturado no final do Neoproterozóico (0,6 G.a.), formado pela alternância de faixas metassedimentares, zonas geoanticlinais, maciços medianos, destacando-se ainda extensos lineamentos e grande quantidade de intrusões graníticas. Este autor dividiu a subprovíncia Transversal em duas faixas brasileiras, Piancó Alto Brígida e Pajeú-Paraíba.

Na década de 80, os trabalhos realizados por Jardim de Sá & Hackspacher (1981) e Jardim de Sá (1984a e b) introduziram o conceito de faixas monocíclicas e policíclicas da PB. Onde as deformações das supracrustais internas seriam de idade transamazônica/eburneana (Bertrand & Jardim de Sá, 1990), com retrabalhamento da crosta paleoproterozóica durante o evento brasileiro e a granitogênese seria do Neoproterozóico. Caby *et al.*, 1991 com base na correlação com as faixas africanas, interpretaram as intrusivas transamazônicas como um magmatismo anorogênico, sendo a deformação e a granitogênese de faixas dobradas com idade brasileira. Brito Neves (1983) e Santos & Brito Neves (1984), introduziram a noção domínios estruturais ou crustais, sendo definidos os domínios, Médio Coreaú, Cearense, Transnordestino ou Central, Extremo Nordeste e Sergipano.

Com o advento das datações U/Pb em zircão na província nos anos 90, os modelos começaram a ser contestados, mostrando que ao sul do Lineamento de Patos, a evolução é praticamente toda meso-neoproterozóica. Esses dados indicaram a necessidade da revisão na nomenclatura dos domínios tectônicos da província. Assim, Jardim de Sá (1994) caracterizou supracrustais paleo, meso e neoproterozóicas dispostas em três tipos crustais diferentes: 1) faixas

monocíclicas brasileiras; 2) as faixas monocíclicas paleoproterozóicas e 3) as faixas paleoproterozóicas retrabalhadas no Brasileiro.

O pioneirismo na compartimentação da Província Borborema chega com Santos (1995) e Van Schmus et al. (1995). Neste, estrutura-se a província em três grandes domínios fundamentais, intitulados Setentrional, Transversal e Meridional, limitados pelos lineamentos de Patos e de Pernambuco. Brito Neves (1995) descobre o evento tectônico Cariris Velho, com idade esteniana-toniana (aproximadamente 1,0 G.a.). Além das datações das formações supracrustais neoproterozóicas na Faixa Seridó, intervindo de forma substancial para o entendimento da geotectônica da Província. Santos (1996), insere a concepção dos processos de acreção e colisão entre os terrenos tectonostratigráficos em dois episódios sucessivos na formação dos cinturões metamórficos do Domínio Transversal, os eventos Cariris Velhos e Brasileiro. Santos (2010) renomeia o Domínio Transversal como Subprovíncia Transversal, sendo reconhecidos os terrenos Rio Capibaribe, Alto Moxotó, Alto Pajeú e a faixa/terreno Piancó-Alto Brígida.

Atualmente a Província Borborema encontra-se subdividida em cinco sub-domínios geotectônicos (Médio Coreau, Ceará Central, Rio Grande do Norte, Transversal e Meridional) sendo enraizado academicamente pelas revisões de Santos e Medeiros (1999); Santo et al. (2000) e Brito Neves et al. (2000). Apesar desta subdivisão tectônica ser o modelo mais aceito pela maior parte dos pesquisadores, o modelo dos terrenos tectonoestratigráficos e a existência de processos acrescionários permanece em questionamento na literatura. Neves e Mariano (1997, 1999, e 2001) assim como Guimarães e Brito Neves (2005), são alguns exemplos que sugerem um contexto intracratônico para a evolução da PB, propondo a continuidade geológica entre os conjecturados terrenos desde o Paleoproterozóico, baseados principalmente em dados de litogeoquímica. Tais autores indicam uma conjuntura de problemas para o modelo de terrenos tectônicos para a Província Borborema, defendendo, por exemplo, que o conceito não se adequa à província, assim como debatem a natureza colisional do evento Cariris Velhos (1,0 Ga), considerado por vários autores como um dos agentes da colagem de terrenos na região. (Santos et al. 2012).

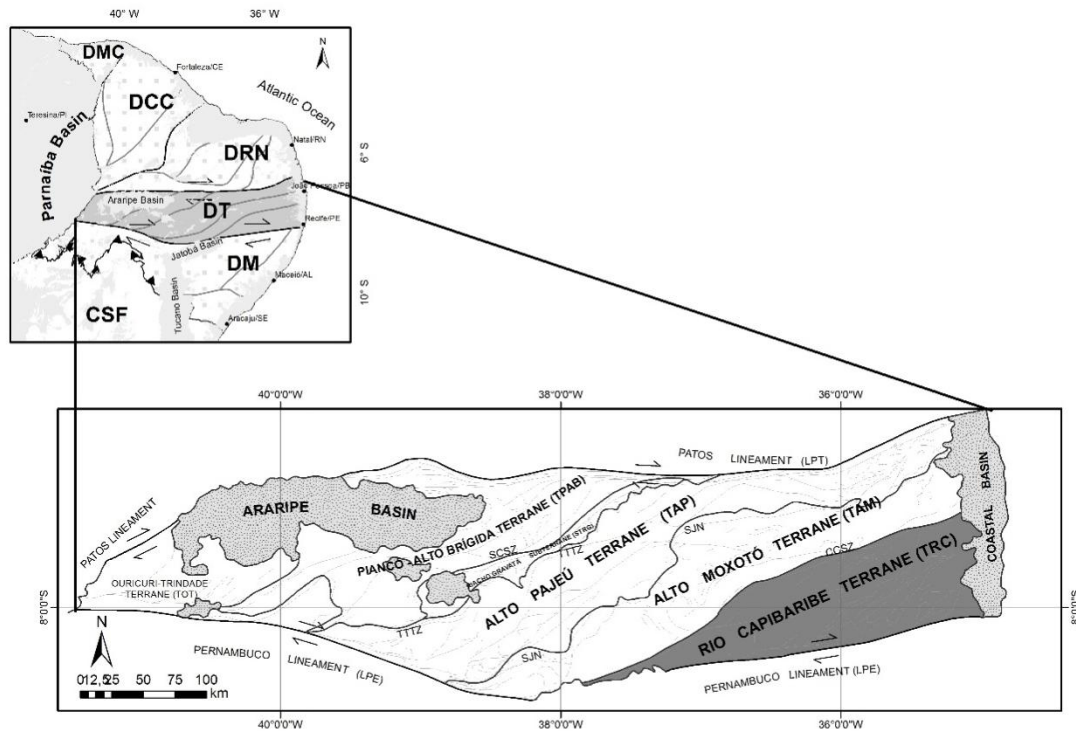


Figura 5 - O Arcabouço tectônico do Domínio Transversal da Província Borborema. A gravura acima mostra os principais domínios da Província Borborema: DMC – Domínio Médio Coreaú, DCC- Domínio Ceará Central, DRN – Domínio Rio Grande do Norte, DT – Domínio Transversal e DM – Domínio Meridional. Ao sul da província o encontra-se o Cráton São Francisco (CSF) e a oeste a Bacia do Parnaíba. A figura a baixo mostra o Domínio Transversal e seus terrenos: TRC – Terreno Rio Capibaribe, TAM – Terreno Alto Moxotó, TAP – Terreno Alto Pajeú, STRG – Subterreno Riacho Gravatá, TPAB – Terreno Piancó – Alto Brígida e TOT – Terreno Ouricuri – Trindade. Foram destacadas também as principais estruturas com os Lineamento Patos – LPT, Lineamento Pernambuco – LPE, Zona de Cisalhamento Congo-Cruzeiro do Nordeste – CCSZ, Nappe Serra de Jabitacá - SJN, Zona tectônica Teixeira-Terra Nova – TTTZ e Zona de Cisalhamento Serra do Caboclo – SCSZ. Além das principais bacias, Bacia do Araripe e as Bacias Costeiras.

Fonte:Modificado de Santos, 2010.

2.2 SUBPROVÍNCIA TRANSVERSAL OU DOMÍNIO TRANSVERSAL (DT)

Sendo a subprovíncia na qual a Bacia Paraíba e seu embasamento estão inseridos, a Subprovíncia Transversal engloba principalmente os estados de Pernambuco e da Paraíba. Sendo formada por terrenos segregados entre si por zonas de cisalhamento transcorrentes de idade brasileiras ou por vezes por zonas de cisalhamento contracionais (Santos & Medeiros 1999).

Chamada de Domínio Transversal devido à alta quantidade de falhas transcorrentes geradas no interior do casal de zonas de cisalhamento Patos e Pernambuco, tais zonas de cisalhamentos são seus limites norte e sul, respectivamente, e limitado a leste pelas bacias costeiras. O DT possui direção E-W. Composto por terrenos subparalelos denominados Terreno/Faixa Piancó-Alto Brígida (TPBA); Terreno Alto Pajeú (TAP) e seu subterreno Riacho Gravatá (SRG); Terreno Alto Moxotó (TAM), 2,01 a 2,23 Ga. (Brito Neves & Van Schumer 2001; Santos, 2004) e o Terreno Rio Capibaribe (TRC) (Santos 1996; Brito Neves et al. 2000; Santos et al. 2000; Medeiros 2004; Oliveira 2008). No extremo oeste da subprovíncia, reconhece-se ainda os terrenos Oricuri-Trindade (TOT), denominado de terreno Araripina por Oliveira (2008) e São José do Caiano, além de faixas de rochas supracrustais ainda pouco conhecidas. (Santos, 2012). Os terrenos foram amalgamados durante os eventos orogênicos Cariris velhos (1,0 a 0,85 Ga) e Brasileiro (600 a 540 Ma). O Domínio Transversal possui configuração estrutural de um sistema anastomosado de zonas de cisalhamento transcorrentes dextrais de direção E-W e preferencialmente sinistrais de direção NE-SW. Isto contribui para o conjunto de trendência estrutural preferencial de direção ENE-WSW. Este domínio é construído de rochas que variam desde o Paleoproterozóico até o final do Cambriano. São numerosos os incontáveis granitos majoritariamente calcioalcalinos brasileiros-ediacaranos (concentrados em grande parte no Terreno Piancó –Alto Brígida). Compilados por Sial et al.(1997), Ferreira et al. (1998) e Brito Neves et al. (2003).

Através de estudos litogeoquímicos em ortognaisses e rochas metassedimentares adjacentes aos limites de terrenos propostos pelos autores acima, Neves et al. (2008, 2009, 2010), propõe que a Subprovíncia Transversal pertenceria a um único bloco crustal.

Inseridos no contexto do Domínio Transversal são descritos várias famílias de diques e soleiras. Duas famílias de diques se destacam, estes estão próximos a cidade de Itabaiana, sendo nomeado de Diques de Itabaiana (Trindade et al., 2006). Os diques intrudem os ortognaisses peraluminoso do Terreno Alto Moxotó, sendo separados em duas famílias devido às análises petrográficas e de direção de camadas. Os afloramentos destes diques são encontrados ao longo e

próximo as margens do Rio Paraíba. Muitos apresentam trend NW-SE e largura de 15 cm a 1 m, compostos de olivina-basalto microfaneríticos e doleritos. Outros com trend N-S e com largura entre 5 e 10 cm, compostos de basalto afanítico a vítreo, contando algumas vezes os primeiros. Possuindo datação Ar-Ar com idades de 525 ± 5 Ma (Trindade et al., 2006).

2.3 TERRENO RIO CAPIBARIBE (TRC)

O Terreno Rio Capibaribe (Santos e Medeiro 1999; Medeiros, 2004) é o terreno do embasamento no qual está sobreposta a parte da BPb em que o estudo está focado, a Sub-Bacia Olinda. Foi individualizado no sul-sudeste do Domínio Transversal da Província da Borborema. Com formato triangular, tendo como vértice Ibimirim –PE, base entre o sul de João Pessoa e o litoral de Recife, somando uma área de 13.000 km². O limite norte é convencionado como o 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 pelo Lineamento Pernambuco, de direção geral E-W, caracterizado como uma zona de cisalhamento destal, que separa o TRC dos domínios graníticos-migmatíticos do Terreno/Maciço Pernambuco – Alagoas (PEAL). A situação geológica dos terrenos tectonoestratigráficos, Howell et al. (2000), foram reforçados por trabalhos mais recentes de levantamento geofísico, como Oliveira (2008) e Medeiros et al. (2011).

Tal terreno é composto por unidades do Paleoproterozóico como o Complexo Pão de Açúcar e unidades Mesoproterozóicas (anorogênicas) do Complexo metanortosítico de Passira e ortognaisses da Serra da Taquaritinga, com idade 1,5 Ga (Sá et al. 2002). As rochas supracrustais são divididas em dois complexos, o Complexo Vertentes (CV), caracterizado por uma sequência vulcanossedimentar mesoproterozóicas, composto por paragnaisses, micaxistos, rochas metavulcânicas ácidas e básicas anfibolizadas, metadacitos, metagrauvacas e rochas metavulcanocásticas. O CV é cortado por intrusões tabulares de metassienitos peralcalinos descritos atualmente como Granitoide Tamboatá (Accioly, 2000). E o Complexo Surubim (CS), caracterizado por uma sequência metassedimentar com idade de sedimentação anterior acima de 640 Ma (Brito Neves et al., 2013), formado por paragnaisses, biotita-xisto, com intercalação de quartzitos e mármore, que pode fazer parte de um terreno alóctone neoproterozóico colocados sobre o Complexo Vertentes.

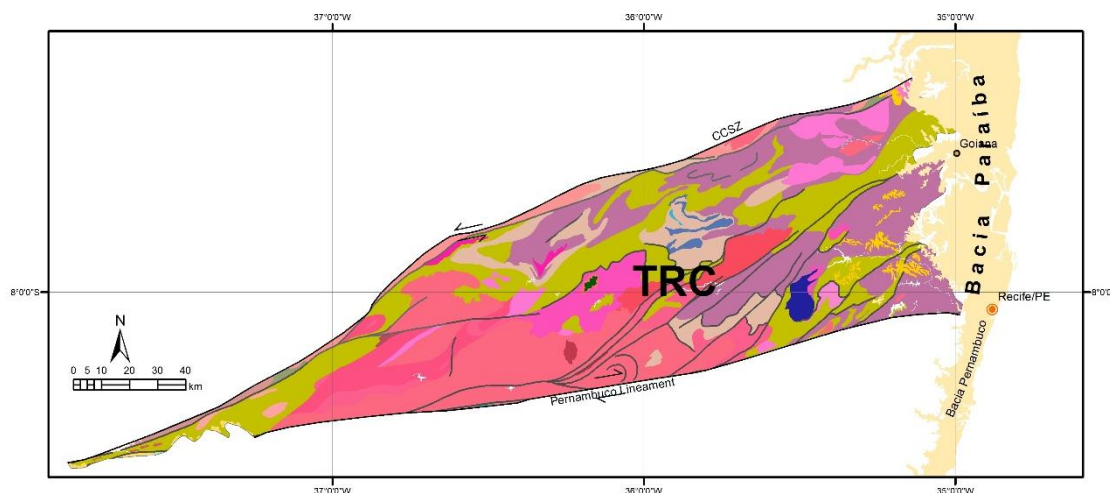


Figura 6 - Mapa regional do Terreno Rio Capibaribe (TRC). Observa-se a leste a Bacia Paraíba.
Fonte: o autor

2.4 BACIA PARAÍBA

A porção onshore da Bacia da Paraíba está localizada no litoral do nordeste brasileiro, mais especificamente no litoral do estado da Paraíba e parte do litoral do estado de Pernambuco, na Província Borborema. A bacia é limitada a norte da Zona de Cisalhamento Pernambuco e ao sul do Alto de Mamanguape, esse seria um prolongamento da Zona de Cisalhamento Patos. A Bacia da Paraíba é sobreposta a rochas supracrustais, graníticas e ortognaisses, do Paleo- ao Neoproterozóico. A bacia tem sua evolução originada do reifteamento entre os continentes, Sul-Americano e Africano. Este primeiro grande evento tectônico reativou as zonas de cisalhamento com *trend* NE-SW e E-W, entre o Jurássico Inferior e o Eo-Cretáceo, durante o início da quebra do Pangea. (Castro et al. 2008; Matos, 1992, 2000; Rossetti et al. 2011). As zonas de cisalhamento foram reativadas no Cretáceo e no Terciário (Nóbrega et al. 2005).

A separação entre as bacias Paraíba e Pernambuco é mais evidenciada a partir dos trabalhos de Mabesoone & Alheiros (1988, 1993). Alguns outros autores já haviam apresentado diferenças estruturais (Rand 1967, 1976) e geomorfológicas (Neumann, 1991) entre as duas bacias, contudo quem tratou de forma efusiva as diferenças entre as faixa costeira que percorrem o norte e o sul do Lineamento Pernambuco, separando as duas bacias e definindo a antiga Sub-Bacia do Cabo como a Bacia Pernambuco e individualizando a Bacia Paraíba foram Lima Filho (1998) e Lima Filho et al. (1998).

A Bacia Paraíba se comporta como uma rampa estrutural, que mergulha suavemente na direção leste, apresentando blocos falhados com baixo gradiente de rejeito. (Rand 1976, 1978; Mabesoone & Alheiros, 1993; Barbosa et al., 2003). Dividida em três sub-bacias, Olinda, Alhandra

e Miriri. A Sub-Bacia Olinda é limitada a sul pela Zona de Cisalhamento Pernambuco e ao norte pela Falha de Goiana, a Sub-Bacia Alhandra é limitada a sul pela falha de Goiana e a norte pela Falha de Itabaiana e a Sub-Bacia Miriri é limitada a sul pela falha de Itabaiana e a norte pelo Alto

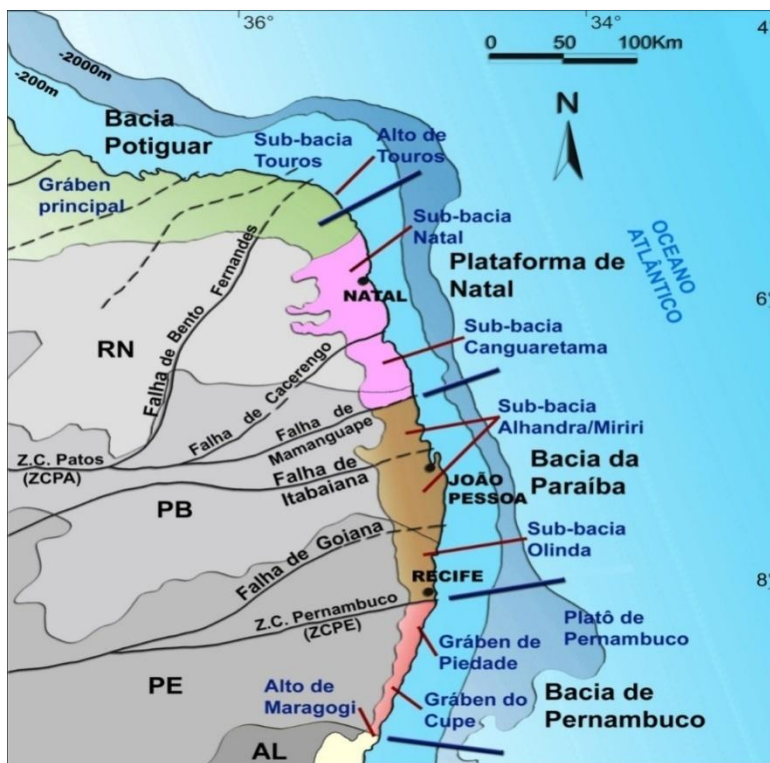


Figura 7 - Mapa das relações entre as bacias costeiras de plataforma de Recife a Natal.

Fonte: Modificado de Barbosa 2006

de Mamanguape.

Como citado anteriormente as Bacias Pernambuco e Paraíba por algum tempo foram consideradas a mesma bacia durante algum tempo. Por estarem muito próximas, destaca-se aqui a importância da Suíte Magmática Ipojuca (SMI). Essa caracterizada por basaltos, traque-andesitos e traquitos, riolitos, piroclásticas e Granito do Cabo de Santo Agostinho. A SMI tem seus litotipos gerados a partir de dois magmas (básico e ácido), ambos de afinidade alcalina (Nascimento, 2003). A presença de camadas e derrames piroclásticos, juntamente com corpos hipoabissais (soleiras, diques, plugs, além de plútons epizonal), indica que o magmatismo foi contemporâneo ocorrendo, provavelmente por um curto espaço de tempo com a deposição dos sedimentos da Formação Cabo, na Bacia Pernambuco (Almeida et al., 2005). Com idade, através do método Ar-Ar de 102 ± 2 Ma (Jardim de Sá, 2003, 2004; Nascimento, et al., 2003).

A seguir, serão descritas em detalhe as unidades geológicas que compõem a Bacia Paraíba.

2.4.1 Formação Beberibe

Descrita primeiramente por Kegel (1955), era caracterizada como membro da Formação Itamaracá. Sendo formalizada futuramente 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. Composta de uma sequência arenosa, de granulação grossa a fina, mas selecionada, com coloração variando de cinza clara a creme, tendo, na base o prodomínio de leitos arenosos conglomeráticos. (Dantas et al., 1980). A parte superior é composta, de acordo com Amaral (1977), de arenitos quartzosos, compactos, carbonáticos, de textura média a grossa. No sentido da plataforma, os litotipos citados intercalam-se com os sedimentos de trato transgressivos da Formação Itamaracá.

Duas grandes cunhas se formaram na Sub-bacia Olinda, onde essa formação possui maior espessura em situação oblíqua a margem, progradando dos flancos para o centro da Sub-bacia. Na Sub-bacia Alhandra-Miriri a deposição é menos expressiva, havendo um acúmulo mais importante em forma de cunha no depocentro da região de João Pessoa (Fig. 7A). Na região de Itamaracá a Formação Beberibe atinge cerca de 200m de espessura, preenchendo esse depocentro, e mais ao norte essa unidade parece preencher de forma mais regular o fundo da sub-bacia Alhandra-Miriri. O Graben de Itamaracá é completamente preenchido pela Formação Beberibe o que sugere que esta depressão já existia desde a formação da bacia costeira, assim como também foi sugerido por Amaral et al. (1977). Esses resultados mostram que a deposição continental inicial foi mais importante na porção sul da Bacia da Paraíba. (Barbosa 2008)

2.4.2 Formação Itamaracá

A Formação Beberibe é sobreposta pela Formação Itamaracá, essa foi definida primeiramente como uma sequência de calcarenitos (Kegel, 1953), com frequente interdigitação com fácies marinha, o Membro Beberibe (Kegel 1955). Adiante, Beurlen (1967) sugere o fim do termo Formação Itamaracá, essa passa a fazer parte da porção basal da Formação Gramame, juntamente com uma camada de fosfato. Assim, o membro Beberibe passa a constituir a Formação Beberibe. Mabessone et al. (1991), na revisão estratigráfica da Faixa Sedimentar Costeira de Pernambuco, Paraíba e Rio Grande do Norte, não inserem a Formação Itamaracá, sendo reputada como uma fácies litorâneo-marinha da Formação Beberibe. Novamente Lima Filho & Souza (2001)

retomam o uso do termo, Formação Itamaracá, de acordo com o que sugerido há quase 50 anos antes.

De idade neo-campaniana-eo-maastrichtiana (Beurlen, 1967a, 1967b; Tinoco 1971; Barbosa, 2004, 2007; Souza, 2006). Descrita por Nóbrega & Alheiros (1991) como parte da formação em lide corresponde a um pacote sedimentar bem estratificado, formado por arenitos finos de coloração creme, além de siltitos cinza esverdeados, com manchas avermelhadas, e ricamente fossilífero (incontáveis conchas de bivalves mal preservados), caracterizando um ambiente lagunar. Caracterizada por calcários com siliciclastos, arenitos calcíferos e margas (Barbosa et al. 2008). As porções mais friáveis (arenitos e siltitos) desenvolveram-se sobre fácies fluvial anterior, com intercalações de níveis conglomeráticos no topo, indicando a recorrência do processo fluvial. A Formação Itamaracá representa uma rápida fase de transição do domínio continental para o domínio marinho, cujos depósitos ficaram preservados em praticamente toda a Bacia Paraíba.

São reconhecidas ainda as fácies supramesolitoral e fosfática sedimentar, marca de um depósito de superfície de inundação máxima. (Tinoco & Siqueira 1976; Amaral et al. 1997; Menor & Amaral, 1979; Souza 1998, 2006).

A formação tem a deposição dos estratos restritos a Bacia Paraíba, sendo limitada pela ZCPE ao sul e pelo Alto de Mamanguape ao norte. No entanto (Barbosa, 2008) descreve que a formação avança um pouco sobre a região do Alto de Mamanguape, em situação de *onlap*, onde a passagem para os calcários da Sub-Bacia Canguaretama ainda é pouco estudada. Ainda afirma que a Formação Itamaracá preencheu a região do Gráben de Itamaracá e outras regiões recobrando os estratos continentais da Formação Beberibe em uma situação de *onlap*, indicando que é possível que haja uma discordância separando o topo da Formação Beberibe e a base da Formação Itamaracá, tal discordância teria idade meso-campaniano (Barbosa, 2007). Sendo a faixa costeira ao sul e ao norte da ZCPA seriam diferentes antes da discordância, caracterizada por depósitos continentais ao sul e depósitos com alguma influência marinha ao norte, marcando um momento de modificações tectônicas em toda a região do nordeste oriental. Posteriormente à discordância toda a faixa costeira Recife-Natal e a Bacia Potiguar registram transgressão generalizada (Barbosa, 2007).

2.4.3 Formação Gramame

O termo Formação Gramame foi utilizado primeiramente por Oliveira (1942) para as ocorrências de calcários margosos do vale do Rio Gramame, a sul de João Pessoa (PB). A formação passou com o tempo a incorporar outros sedimentos que ocorrem no Estado de Pernambuco (Leal &

Sá 1998). Hoje entende-se que a Formação Gramame retrata o estágio de instalação definitiva da transgressão marinha durante o Cretáceo (Menor et al. 1977). Em contato gradacional ou interdigitado sobre sedimentos siliciclásticos e distais da Formação Beberibe (Nascimento et al. 2003). Limitada inferiormente por uma superfície de inconformidade, que apesar de em vários locais parecer contínua devido à interdigitação entre o arenito calcífero e os horizontes fosfáticos da Formação Itamaracá (Manso et al. 1992). 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). Os calcários da base são dolomíticos, aumentando gradualmente a razão calcita-dolomita da base para o topo da sequência (Menor et al., 1977).

A plataforma carbonática Gramame, a exemplo das formações Beberibe e Itamaracá, também está restrita aos domínios da Bacia da Paraíba, sendo truncada a sul pela ZCPE, e a norte pelo Alto de Mamanguape. A expressão da plataforma é maior na Sub-bacia Alhandra-Miriri, onde a faixa da plataforma é mais larga. Foi justamente na região de João Pessoa- Conde (Sub-bacia Alhandra) onde foi coletada grande parte dos moluscos descritos na Formação Gramame (Maury, 1930; Beurlen, 1967a, 1967b; Muniz, 1993, Barbosa 2008).

2.4.4 Formação Maria Farinha

Oliveira (1940) denomina de Formação Maria Farinha os calcários fossilíferos 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 *et al.*, 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, a qual estende-se desde a cidade de Recife até a Ilha de Itamaracá, reaparecendo, depois, na Paraíba como um arenito calcífero de granulação fina (Kegel 1955).

A deposição alcançou o Paleoceno (Beurlen, 1967a, 1967b; Tinoco, 1971; Muniz, 2003), podendo ter atingido o Eoceno? (Almeida, 2000). Essa formação é litologicamente semelhante à Formação Gramame, sofrendo variações laterais de fácies nas regiões mais proximais devido ao

evento regressivo (Barbosa et al., 2003, 2006; Barbosa, 2004, 2007). Devido à regressão, os estratos dessa unidade ficaram preservados apenas na Sub-bacia Olinda, em faixa estreita próximo ao litoral. A ausência de depósitos dessa formação na Sub-bacia Alhandra-Miriri pode significar que estes nunca foram depositados, ou que existiram e foram erodidos a partir do Paleoceno, por efeito de exposição e erosão da plataforma carbonática na parte norte da Bacia da Paraíba (Barbosa et al., 2003, 2006; Barbosa, 2004, 2007).

Quase todas as camadas constituintes da Formação Maria Farinha são fossilíferas, contendo tanto macro como microfósseis, a exemplo dos cefalópodes nautilóides (Maury 1930) e *Hercoglossa lamegoi* (Oliveira 1940), exclusivos desta formação. A macrofauna é abundante e constituída notadamente por gastrópodes, lamelibrânquios, equinodermatas, crustáceos e restos de tartarugas (Beurlen 1959). Na microfauna os foraminíferos bentônicos dominam sobre os plantônicos (Oliveira 1978), indicando um ambiente de sedimentação pouco profundo, águas quentes, relativamente próximas à costa, com muitas oscilações constituindo uma seqüência sedimentar negativa incompleta, caracterizando, então o início da regressão marinha na Bacia Paraíba (Nascimento 2003).

Litologicamente possui, na base, calcários pseudolitográficos, seguindo-se calcários detríticos finos, bem estratificados, bastante dolomitizados, passando, na porção superior, para calcários detríticos argilosos e margas calcárias (Oliveira 1978).

Correia Filho, 2015 propõe a Formação Tambaba, onde antes era conhecida como porção superior da Formação Maria Farinha. Com idade Eocena e ocorrendo nas sub-bacias de Alhandra e Miriri, caracterizando um sistema recifal lagunar restrito, descrita como depósitos carbonáticos recifais.

2.4.5 Grupo Barreiras

Definida inicialmente por Moraes Rego (1930), porém estudada sistematicamente por Bigarella & Andrade (1964). Tem idade de formação interpretada de forma geral como plio-pleistocênica (Mabesoone & Alheiros, 1988, 1993). De origem predominantemente continental diposto em falésias junto ao mar, ao longo de extensos trechos da costa brasileira (Feijó, 1994).

Porção basal consiste de uma camada de areia branca ou cinza clara, de vez em quando com seixos de quartzo. A maioria das camadas são constituídas de material silico-argilosos, com grande predominância de areias quartzosas, arcoseanas e argilas, às vezes, com ocorrência de seixos. Existe

o predomínio de tonalidades roxas, vermelhas, acinzentadas e amareladas (Kegel, 1955). Distinguem-se três faciologias importantes do continente para o litoral: primeiramente fácies de leques aluviais, que foram observadas desde o norte de Recife até a região do Alto de Mamanguape; fácies fluviais de canais entrelaçados, que são encontradas em toda a faixa entre Recife e Natal; fácies de planície flúvio lacustre, encontradas na faixa de litoral entre Recife e João Pessoa e na região de São José do Mipibu, Rio Grande do Norte (Alheiros & Lima Filho, 1991; Barbosa, 2008).

Geomorfologicamente dominada por tabuleiros costeiros de grande extensão recortados por grandes vales de rios na zona costeira proximal. No litoral encontram-se planícies costeiras e falésias. O controle do embasamento na deposição da unidade, e posterior formação dos tabuleiros, é observado através de aspectos como a limitação no sentido oeste desses tabuleiros, que coincide com os limites da borda da bacia (Barbosa 2008).

2.4.6 Sedimentos Pós-Barreiras

Constituído de depósitos do paleo - Pleistoceno ao Holoceno, contém pacotes de areia compacta com uma grande variedade de estruturas de deformações dúcteis e rúpteis. Arenitos maciços com fragmentos isolados de areia e brechas, estratificação ondulada, diques de areias e diápiros, “sinks and bowls”, mergulho de mistura de sedimentos, massas arenosas assentadas, enclaves sedimentares e falhas em forma de cones, são indicativos de um horizonte estratigráfico confinado que sofreu abalos sísmicos de magnitudes altas. (Rossetti et al. 2011).

3 RESULTADOS

3.1 ARTIGO 1 - ESTUDO AEROMAGNETOMÉTRICO E MORFOTECTÔNICO DA SUB-BACIA OLINDA, BACIA PARAÍBA, E DO EMBASAMENTO ADJACENTE

O artigo em questão foi intitulado “ESTUDO AEROMAGNETOMÉTRICO E MORFOTECTÔNICO DA SUB-BACIA OLINDA, BACIA PARAÍBA, E DO EMBASAMENTO ADJACENTE” foipublicado no periódico “Anuário do Instuto de Geociências”.



Rio de Janeiro, 1º de setembro de 2017

De: Anuário do Instituto de Geociências
Para: João Gabriel Topan

Manuscrito: Estudo Aeromagnetométrico e Morfotectônico da Sub-bacia Olinda, Bacia Paraíba, e do Embasamento adjacente
Autor(es): João Gabriel de Oliveira Topan & Mário Lima Filho

Declaro, para os devidos fins, que o manuscrito acima mencionado está aceito para publicação no número 2017 - 41(3) do periódico Anuário do Instituto de Geociências (ISSN 0101-9759), previsto para ser publicado nos formatos *online* e impresso até o Outubro de 2017.

Atenciosamente,


Hermínio Ismael de Araújo Junior
Editor Associado
Anuário do Instituto de Geociências
<http://www.anuario.igeo.ufri.br/>

Estudo Aeromagnetométrico e Morfotectônico da Sub-bacia Olinda, Bacia Paraíba, e do Embasamento adjacente

João Gabriel de Oliveira Topan¹ & Mário Lima Filho¹.

¹ Universidade Federal de Pernambuco, Centro de Tecnologia e Geociências, Departamento de Geologia, Programa de Pós-Graduação em Geociências. Sala 325 do Edifício Escolar do CTG Av. da Arquitetura, s/n, Cidade Universitária, 50740-550, Recife-PE.

E-mails: gabrieltopan@gmail.com, mflf@ufpe.br

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 e 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: *Paraiba Basin, Aeromagnetic, SRTM, Pernambuco Basin and 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 2IST-1-PE perfurado pela Petrobrás na Ilha de Itamaracá, obteve-se informações da existência do embasamento à 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

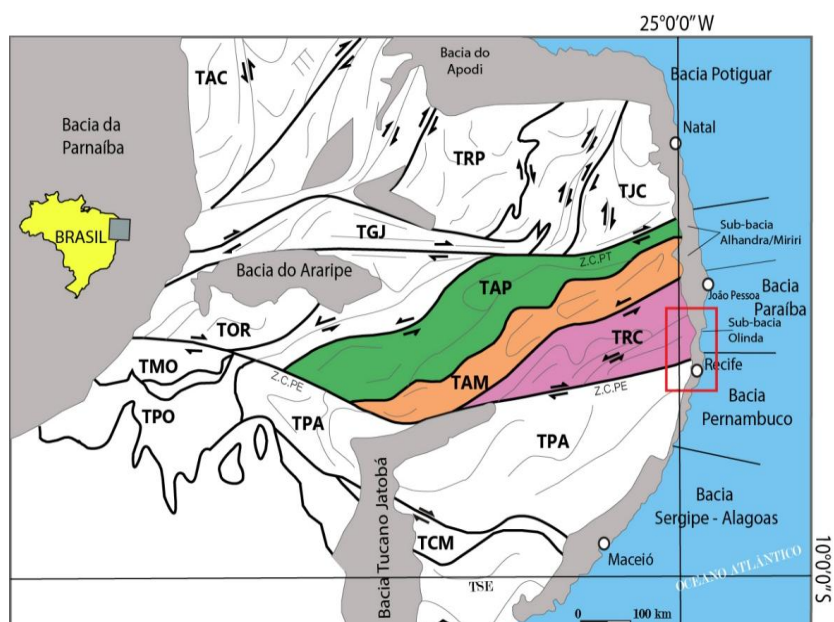


Figura 1 - Figura esquemática da localização da Bacia de Pernambuco, Bacia da Paraíba, Bacia Potiguar e as zonas de cisalhamentos proterozóicas e fanerozóicas que afetam a bacia, assim como seus limites (modificado de Barbosa, 2004). A Província Borborema está setorizada pelos seguintes terrenos: TAC: 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 - Marancó, 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.

Lineamento Pernambuco até o Alto de Mamanguape, por questões estratigráficas (Lima Filho *et al.*, 2005) (Figura 2).

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, 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 granodiotóticos, 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/Maciço 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; Frutuoso Jr. *et al.*, 2002; Cruz *et al.*, 2003, 2004). Intrudindo na Formação Cabo, a Suíte Magmática Ipojuca é constituída, principalmente, por rochas vulcânicas à 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 (Araújo *et al.*, 2006; Lima *et al.*, 2006; Mabesoone *et al.*, 1972; Suguio *et al.*, 1986; Vilas-Bôas *et al.*, 2001). 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 1967 a, b; 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; Amaral *et al.*, 1997; Menor & Amaral, 1979; 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

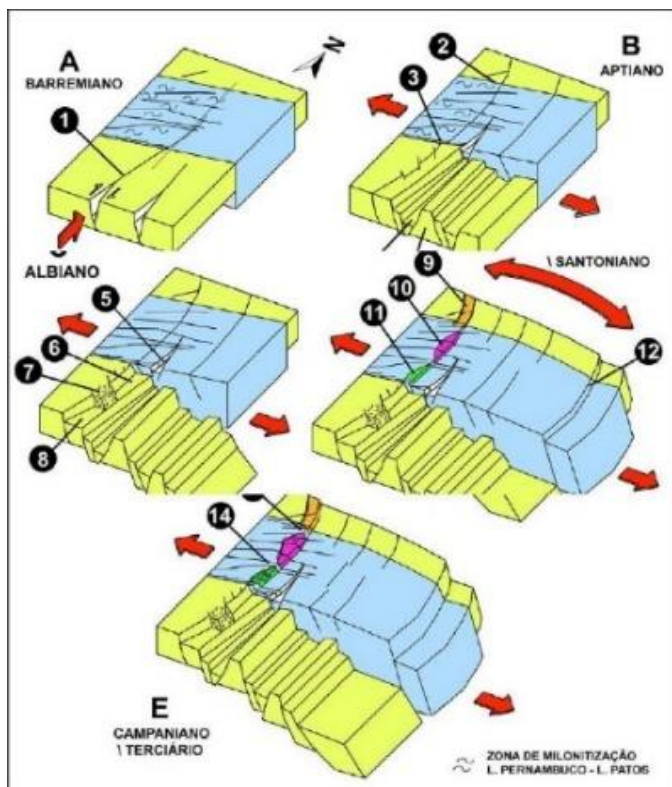


Figura 2 - Evolução tectônica da Bacia Pernambuco e da Bacia Paraíba: 1- Rift do Cupe, 2-ZCPT, 3-ZCPE, 4-Alto de Tamandaré, 5- Graben de Olinda, 6- Graben de Piedade, 7- Granito do Cabo de Santo Agostinho, 8- Graben do Cupe, 9- Sub-bacia de Cagaretama, 10 - Sub-bacia Alhandra e Miriri, 11-Sub-Bacia Olinda,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

para as bacias de Pernambuco e da Paraíba (Figura 2). No Aptiano, o Lineamento Pernambuco se movimentou na área afetada pelo rifteamento (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 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, recobrindo 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 plataformais 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 do 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. Diagramas de rosetas azimutais foram produzidos a fim de se determinar os principais controles estruturas da área de estudo.

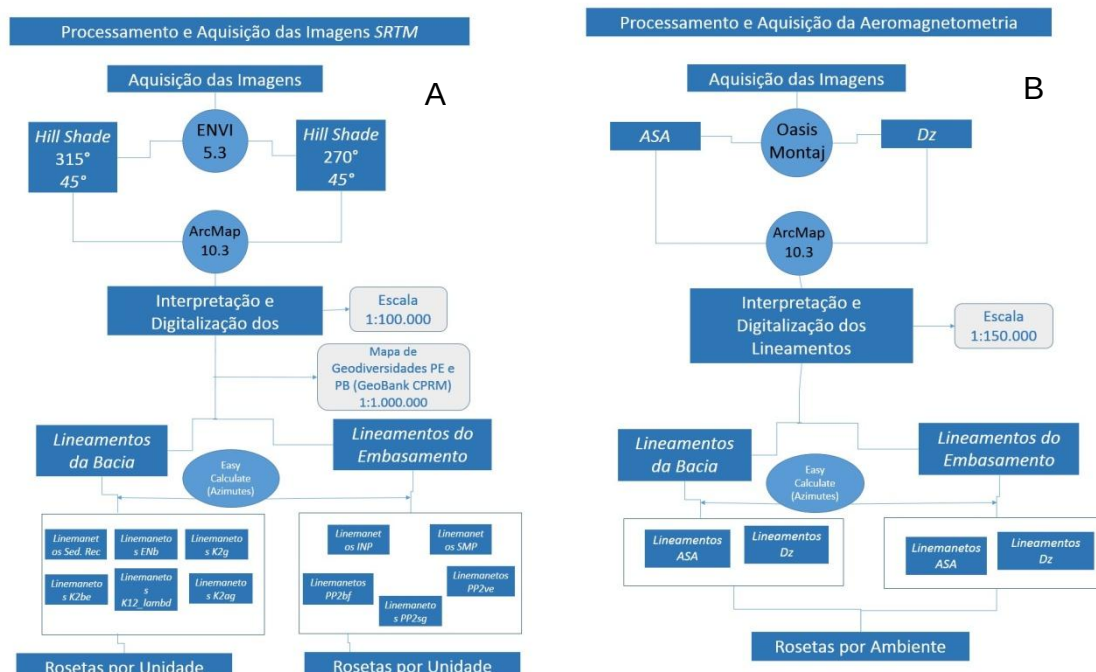


Figura 3 - Fluxograma das metodologias utilizadas. (A) Referente a análise por SRTM e (B) referente a análise de aeromagnetometria.

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 Relevo Sombreado

Os melhores resultados advindos do processo de sombreamento 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 Figura 4 e 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, Q2l 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.. 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 esparsos, 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.

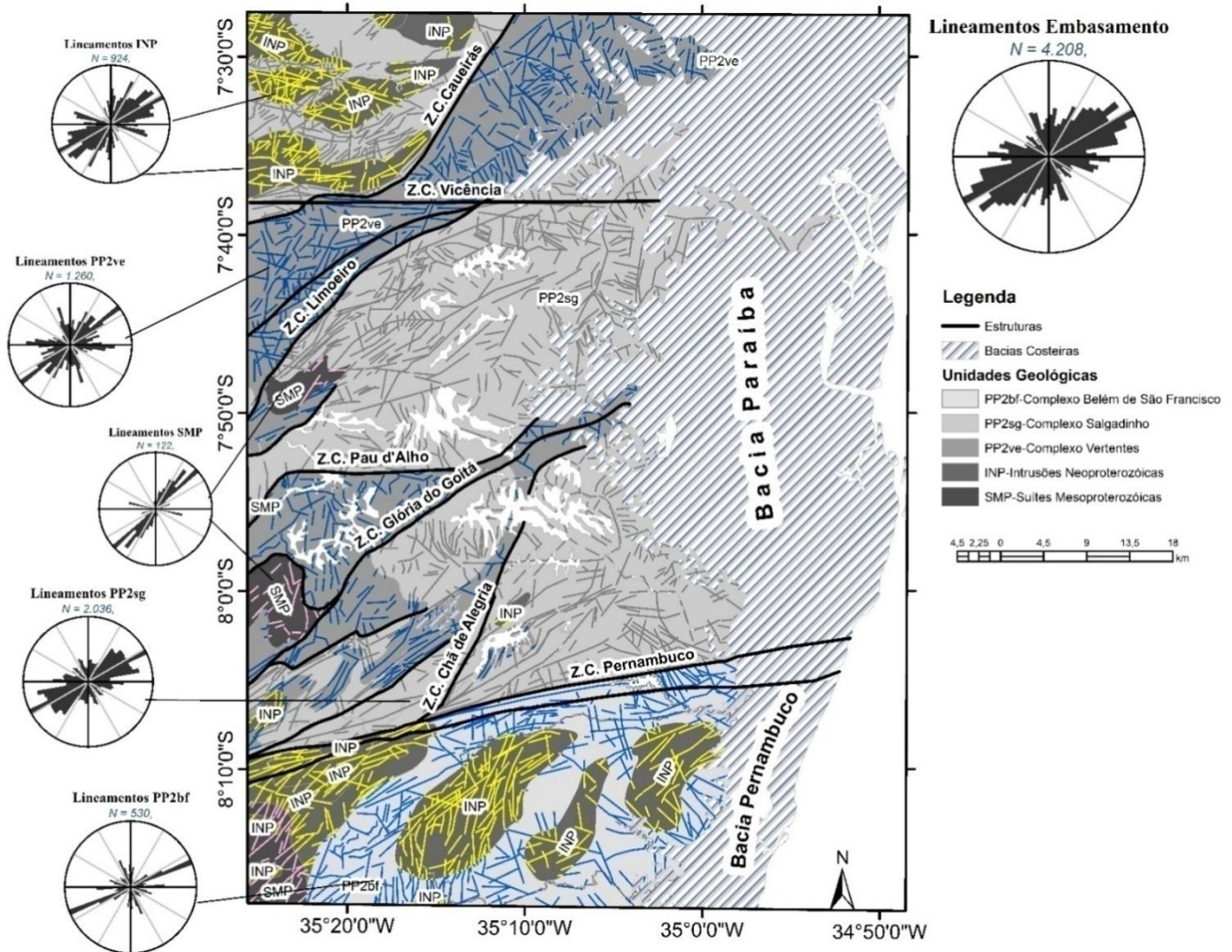


Figura 4 - Mapa do embasamento da Sub-Bacia Olinda (Bacia Paraíba) e porção norte da Bacia Pernambuco. os lineamentos interpretados estão discriminados por unidade mapeada: Intrusões Neoproterozóicas (INP), Suíte Mesoproterozóicas (SMP), Complexo Belém de São Francisco (PP2bf), Complexo Salgadinho (PP2sg)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

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).

A Suíte Magmática Ipojuca apresentou 10 lineamentos com *trend* principal NNE-SSW. A Formação Algodão 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.

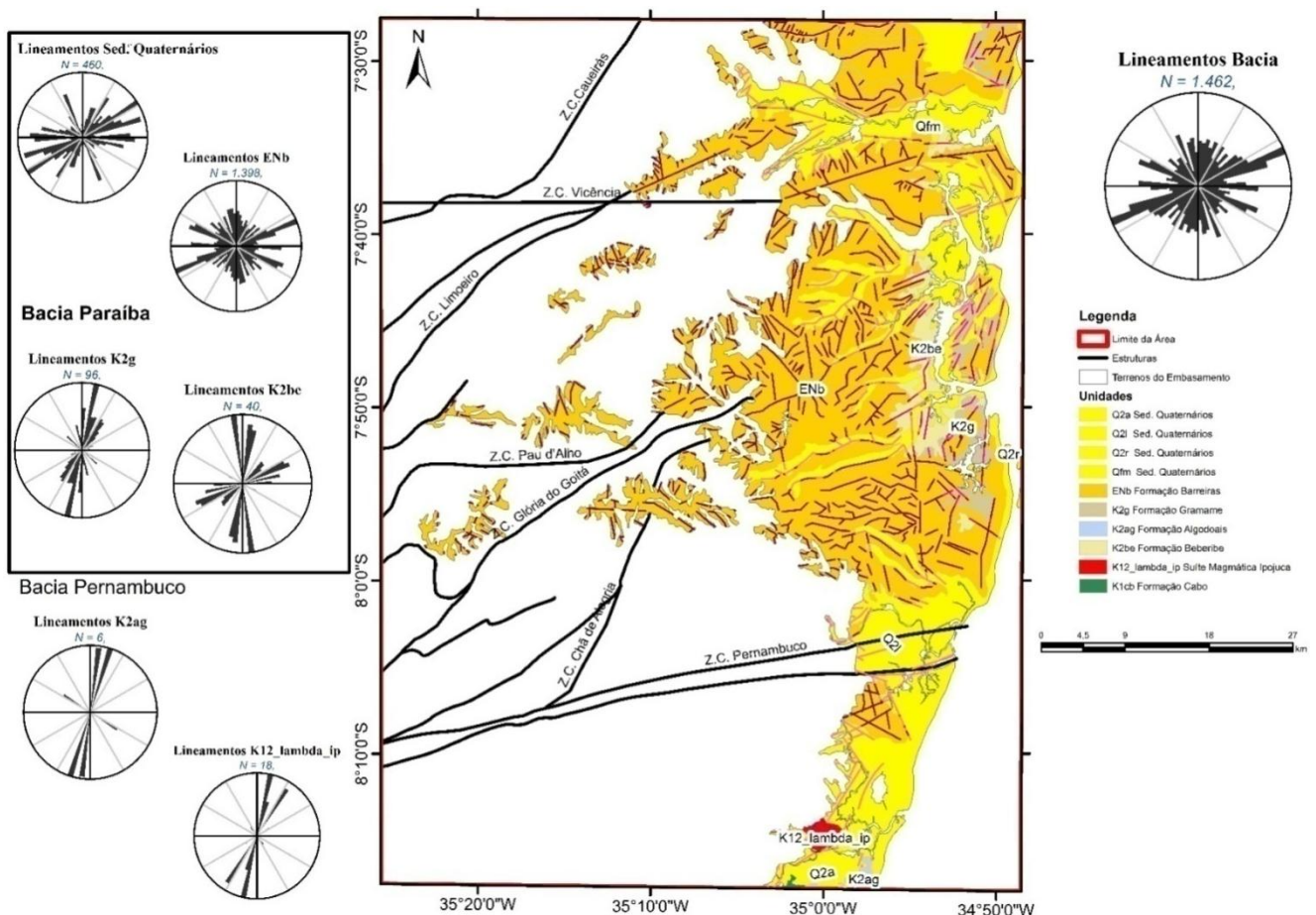


Figura 5 - Mapa da Sub-Bacia Olinda (Bacia Paraíba) e porção norte da Bacia Pernambuco, os lineamentos estão discriminados por unidade. Sedimentos Quaternários (Qfm, Q2r, Q2l e Q2a), Formação Barreiras (ENb), Formação Gramame (K2g), Formação Algodão (K2a), Formação Beberibe (K2be) e Suíte Magmática Ipojuca (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 à direita a roseta referente aos lineamentos de toda a Sub-Bacia Olinda e porção norte da Bacia Pernambuco.

4.2 Primeira derivada vertical do campo magnético anômalo (Dz)

Utilizando a imagem da Dz, obteve-se uma resposta de estruturas geológicas úteis para demarcação de lineamentos magnéticos (Figura). 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.

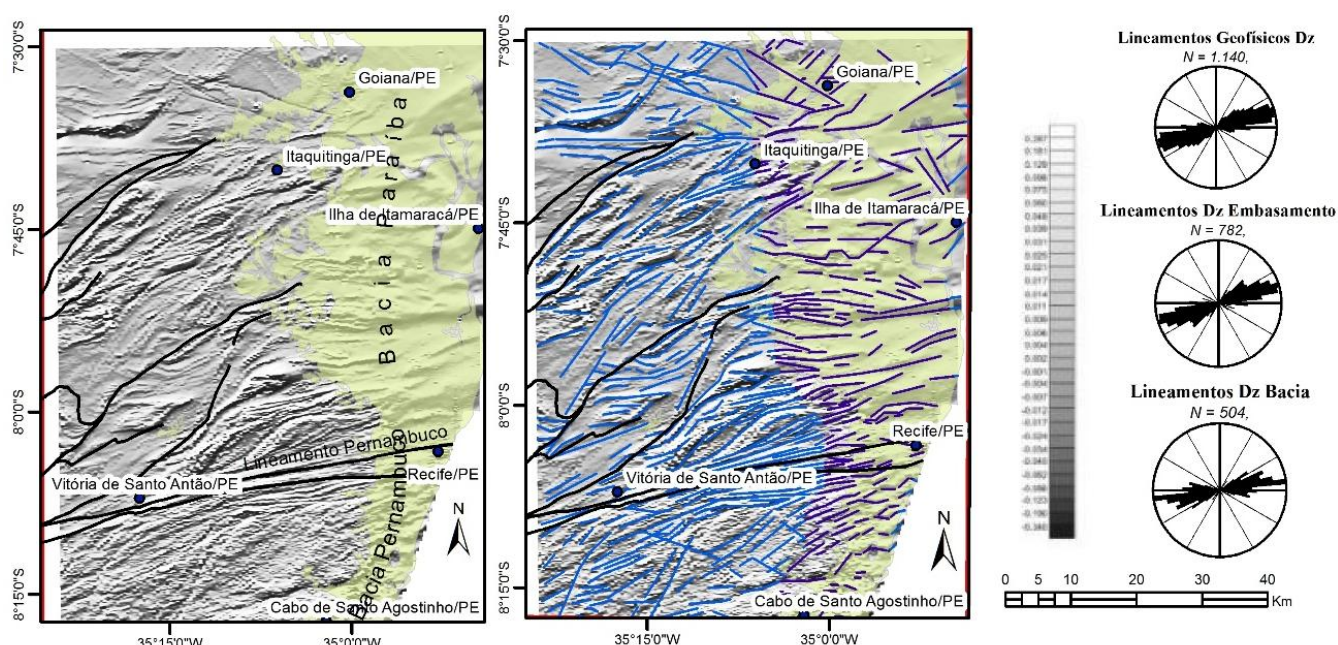


Figura 6 - Imagem da primeira derivada vertical (Dz), à esquerda. Mapa Dz com as interpretações de lineamentos do embasamento (azul) e lineamentos da bacia (roxo), à direita. Rosetas azimutais estão também apresentadas.

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 a imagem da DZ. Foram elaborados 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-ESE (Figura).

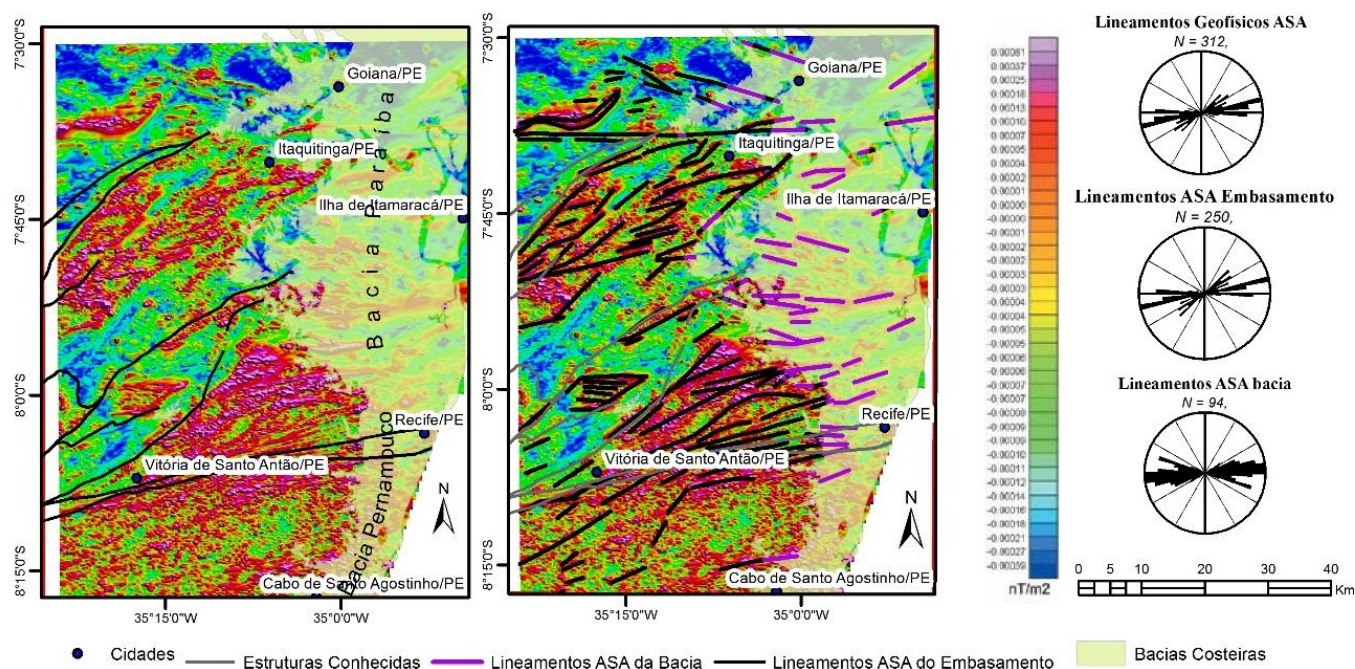


Figura 7 - Imagem da amplitude do sinal analítico (ASA), à esquerda. Mapa ASAc com as interpretações de lineamentos do embasamento (azul) e lineamentos da bacia (roxo), à direita. Ao lado as respectivas rosetas, a primeira são de dados gerais do mapa ASA, a segunda dos lineamentos do embasamento e mais 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 estão relacionadas a um 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 Transbrasiliano (LTB). Os lineamentos com *trend* WNW-ESE são mais observados nas unidades Paleoproterozóicas como os Complexos Vertentes e Salgadinho e Belém de São Francisco. Nas unidades Mesoproterozóicas e Neoproterozóicas não foi observado o *trend* NW-SE, logo trata-se provavelmente de uma cinemática ativa no Paleoproterozóico que não deve ter sido reativada. Já os *trends* E-W apresentam-se bem distribuídos nas unidades e grande parte das estruturas principais possuem essa direção. Desta forma, acredita-se na reativação destas estruturas como também as estruturas ENE-WSW.

Observa-se que Lima (2016), nomeia 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 rifteamento inicial a Bacia Paraíba foi submetida a 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 Proterozóicas 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 Cenozóico (Bezerra *et al.*, 1998, 2000 e 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 a 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 propôs algumas divisões na Sub-Bacia Olinda, através de dados de poços como o Graben de Goiana, o Alto de Goiana, o Grabén 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 Tejuapapo. O Graben de Itapessoca encontra-se entre a Falha de Tejuapapo (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.

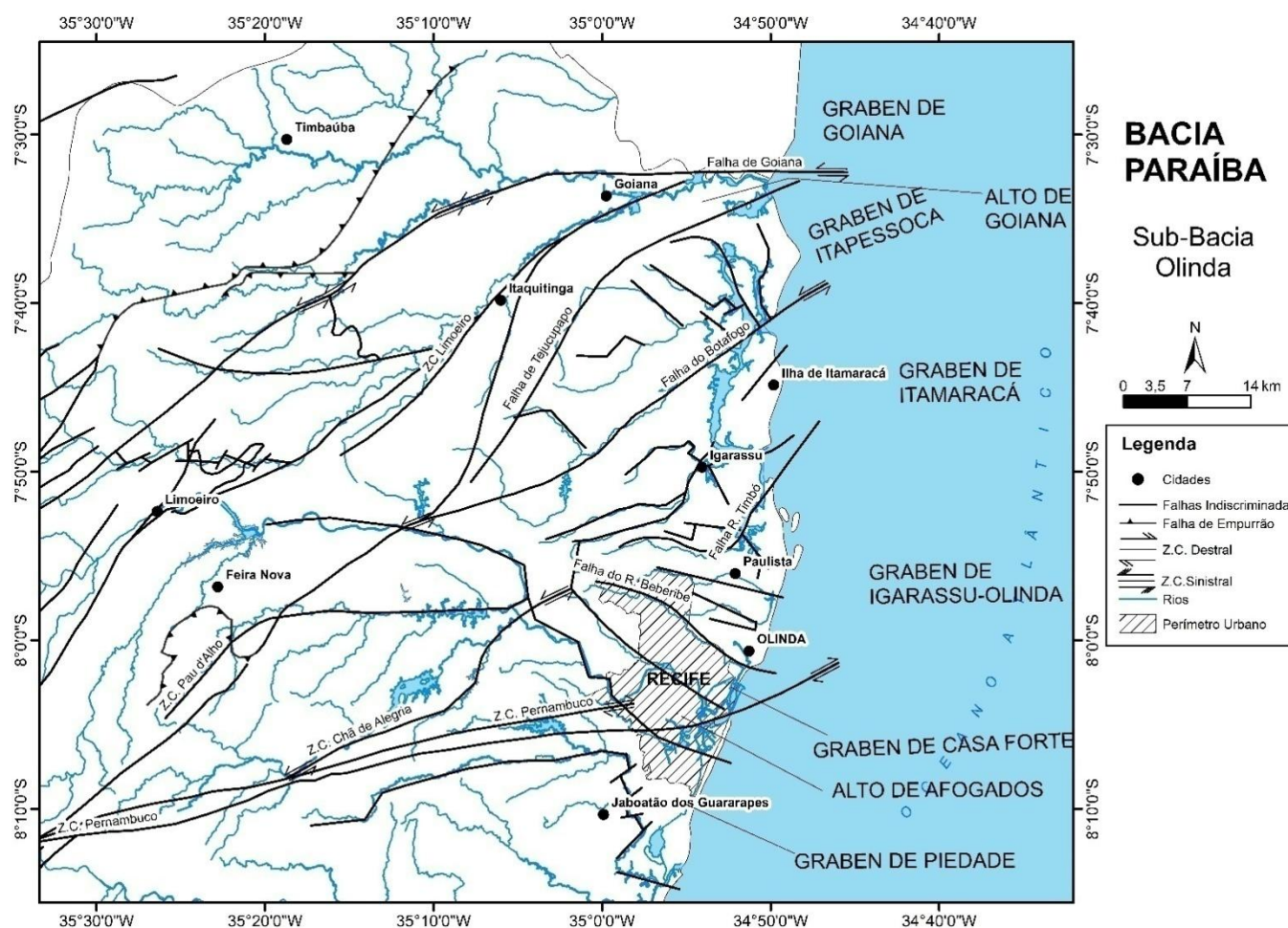


Figura 8 - Mapa das subdivisões da Sub-bacia Olinda, Bacia Paraíba a partir da sobreposição dos dados de SRTM e Aeromagnético.

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). 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: VIII SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DO NORDESTE, Campina Grande, 1977. Atas: 6, 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, p. 43–50. (Série Científica 6).
- Asmus, H.E., and J.C. Carvalho, 1978, Condicionamento tectônico da sedimentação nas bacias marginais do nordeste do Brasil (Sergipe- Alagoas e Pernambuco-Paraíba). In: Aspectos estruturais da margem continental leste e sudeste do Brasil: Rio de Janeiro, Petrobras/CENPES, p. 7-24. (PROJETO REMAC 4).
- 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: III CONGRESSO BRASILEIRO DE P&D EM PETRÓLEO E GÁS, 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. Programa de Pós Graduação em Geociências, Universidade Federal de Pernambuco Tese de Doutorado, 107-114p.
- Barbosa, J.A. 2004. Evolução da Bacia da Paraíba durante o Maastrichtiano-Paleoceno: formações Gramame e Maria Farinha, NE do Brasil. Programa de Pós Graduação em Geociências, Universidade Federal de Pernambuco. Dissertação de Mestrado, 230 p.
- 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, Rio de Janeiro, 2008. Boletim de Trabalhos Técnicos, p. 1-8.
- Beurlen, K., 1967. Paleontologia da faixa sedimentar costeira Recife-João Pessoa. Boletim de Geologia da Universidade Estadual de São Paulo, 16: 73–79.

- 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. *Revista Geomorphology*, 1: 555-582.
- Bezerra, F. H. R.; Lima Filho, F. P.; Amaral, R. F.; Caldas, L. H. O.; Costa Neto, L. X. Holocene coastal tectonics in NE Brazil. In: Stewart, I. S.; Vita-Finzi, C. 1998. In: *Coastal Tectonics*. London, Geological Society of London, p. 279-293. (Publicação Especial 146).
- Bezerra, F.H.R., Vita-Finzi, C., 2000. How active is a passive margin? Paleoseismicity in northeastern Brazil. *Revista Geology* 28: 591–594.
- Brito Neves, B.B., Riccomini, C., Fernandes, T. M. G.; Santanna, L.G. 2004. O sistema Tafragênico 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. Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Programa de Formação em Geologia, Geofísica e Informática no Setor Petróleo & Gás, 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. Relatório de Graduação, Departamento e Curso de Geologia, UFRN, Natal, 59p.
- Howell, D. G. 1995. *Principles of Terrane Analysis: new applications for Global Tectonics*. London, 2nd Ed. Chapman & Hall, 122 p.
- Jardim De Sá, E. F. 2003. Projeto Avaliação do Potencial Petrolífero da Bacia Pernambuco-Paraíba. ANP/UFRN/FUNPEC/UFRN. (Relatório Interno).
- 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. Curitiba, 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, Araxá, SBG, p. 399.
- Kegel, W. 1953. Contribuição para o estudo do Devoniano da Bacia do Parnaíba. 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, p. 54. (Publicação Interna, 157).
- 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. Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, Tese de Doutorado. 1998, 139 p
- Lima Filho, M.F.; Barbosa, J.A.; Neumann, V.H.M.L.; Souza, E.M. 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, Curitiba, 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 quebramento do Gondwana e correlação com a Bacia do rio Muni. *Revista de 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. et al., 2016. Neogene Quaternary fault reactivation influences coastal basin sedimentation and landform in the continental margin of NE Brazil. *Quaternary International* (2016): 1–16.
- 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 Special Publication*, 153: 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. Campina Grande, 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. Universidade Federal do Rio Grande do Norte, PPGG-UFRN, Tese de Doutorado, 235 p.
- Nóbrega, V.A. & Alheiros, M.M. 1991. Petrografia do arenito Beberibe, Bacia Pernambuco- Paraíba. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DO NORDESTE, 11, Natal, 1991. Atas. Natal SBG-NE, p. 75-77.
- Ojeda H.A.O. 1981. Estrutura estratigráfica 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, DNPM, RJ. 59p. (Publicação Interna).
- Oliveira, E. P. 1940. História e pesquisa do petróleo no Brasil. Ministério da Agricultura, Rio de Janeiro, Ser. Publi. Agrícola, RJ. 205p. (Boletim Técnico).
- 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 411 p.
- Rand, H.M. & Mabesoone, J.M. 1982. Northeastern Brazil and the final separation of South America and Africa. *Revista Paleogeography, Paleoclimatology, Paleoecology*, 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. *Revista 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 219 p.
- 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., Möner, 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 147 p.
- 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

3.2 ARTIGO 2 - CARACTERIZAÇÃO GEOLÓGICA, GEOFÍSICA DOS CORPOS ÍGNEOS DA BORDA DA SUB-BACIA OLINDA, BACIA PARAÍBA, NE BRASIL

O artigo em questão foi intitulado “CARACTERIZAÇÃO GEOLÓGICA, GEOFÍSICA DOS CORPOS ÍGNEOS DA BORDA DA SUB-BACIA OLINDA, BACIA PARAÍBA, NE BRASIL” sendo submetido, para a publicação no periódico “Anuário do Instituto de Geociências”.

Hermínio Ismael de Araújo Jr.

para mim ▾

09:54 (Há 14 horas) ☆



Prezado João Gabriel de Oliveira Topan.

Em nome do Anuário do Instituto de Geociências (ISSN 0101-9759; e-ISSN 1982-3908), agradeço a submissão do manuscrito "**Caracterização geológica, geofísica e geoquímica dos corpos ígneos da borda da Sub-Bacia Olinda, Bacia Paraíba, NE Brasil**", de autoria de *Topan et al.* O manuscrito será inicialmente avaliado pelo Corpo Editorial e, se atender ao escopo do periódico, será encaminhado para avaliação por revisor(es) *ad hoc*.

Atenciosamente,

Hermínio Ismael de Araújo Júnior

Editor Associado

Anuário do Instituto de Geociências

<http://www.anuario.igeo.ufg.br/>

Hermínio Ismael de Araújo Júnior, D.Sc.

Departamento de Estratigrafia e Paleontologia - DEPA

Faculdade de Geologia - FGEL

Centro de Tecnologia e Ciências - CTC

Universidade do Estado do Rio de Janeiro - UERJ

[Rua São Francisco Xavier, 524, 2º Andar, Sala 2032A](#), Maracanã, Rio de Janeiro/RJ

Contato: [+55 21 2334-0579](tel:+552123340579) (ramal 26)

Caracterização geológica, geofísica dos corpos ígneos da borda da Sub-Bacia Olinda, Bacia Paraíba, NE Brasil

João Gabriel de Oliveira Topan¹, Mário Lima Filho¹, João Adauto Souza Neto¹, Wilson Rodrigues de Andrade Freitas¹, José Victor Antunes de Amorim¹, Natália Gomes Alves de Souza¹, Diogo Vinícius Santos da Silva², Matheus Henrique Silveira de Lima²

¹ Universidade Federal de Pernambuco, Centro de Tecnologia e Geociências, Departamento de Geologia, Programa de Pós-Graduação em Geociências. Sala 325 do Edifício Escolar do CTGAv. da Arquitetura, s/n, Cidade Universitária, 50740-550, Recife-PE.

² Universidade Federal de Pernambuco, Centro de Tecnologia e Geociências, Departamento de Geologia, 5º andar do Edifício Escolar do CTGAv. da Arquitetura, s/n, Cidade Universitária, 50740-550, Recife-PE.

E-mails: gabrieltopan@gmail.com, mflf@ufpe.br

Resumo

O Nordeste do Brasil abrange uma importante parte geotectônica da formação do Brasil, a Província Borborema. Esta província é composta por um conjunto de bacias sedimentares do Cretáceo ao Terciário relacionadas as zonas de cisalhamento do embasamento cristalino e a abertura do paleocontinente Gondwana. Dentre estas está a Bacia Paraíba (BPb). Essa descrita até o momento como uma bacia meramente sedimentar e fortemente carbonática, pode ter um vulcanismo associado. A presença de corpos ígneos é descrita desde o início dos anos 90. O presente trabalho tem como objetivo o mapeamento dos corpos ígneos próximos a borda da Sub-Bacia Olinda, BPb, utilizando dados aerogeofísicos e petrografia, o mapeamento litogeofísico da área de estudo, assim como o entendimento das estruturas lineares desta sub-bacia, que podem estar relacionadas ao encaixe destes corpos ígneos. Foram descritos diques de direções NE-SW de dacitos pórfiros e diabásios e diques de direção E-W de basaltos. As estruturas lineares indicam dois esforços compressivos principais, um WNW-ESE e outro N-S. A relação estratigráfica dos diques encontrados é compreendida como anterior a deposição da Formação Beberibe.

Abstract

The Northeast of Brazil covers an important part of the geotectonics of the formation of Brazil, a Borborema Province. This province is composed of a set of sedimentary basins from the Cretaceous to the Tertiary related as shear zones of the crystal basement and an opening of the paleocontinent Gondwana. Among these are the Paraíba Basin (BPb). This described so far as a merely sedimentary basin and strongly carbonate, can have an associated volcanism. The presence of igneous bodies and description of the beginning of the 1990s. The present work has the objective

of mapping the igneous bodies near the edge of the Olinda Subbasin, BPb, data aerogeophysics and petrography, the litogeophysical mapping of the study area, as well as such as the understanding of the linear structures of this sub-basin, which may be related to the fitting of these igneous bodies. Have been described dikes with NE-SW direction compound of porphyry dacite and diabase and E-W directions compound of basalts. Linear structures indicate two major compressive stresses, one WNW-ESE and another N-S. The stratigraphic relationship of the dikes found is similar to the one before the deposition of the Beberibe Formation.

1 Introdução

O magmatismo associado a bacias sedimentares é considerado um fator controlador da geração de bacias rifte, quando este é ativo (associado a pluma mantélica). No entanto o magmatismo também é considerado como um fator que controla o preenchimento de bacias rifte (White & McKenzie, 1989) propõe uma modificação no modelo primário de cisalhamento puro, onde este é associado a plumas mantélicas, o qual explica a ocorrência de vulcanismo em bacias rifte. A dinâmica tectônica, assim como os padrões de preenchimento, sistemas deposicionais e modelos de fácies são diferentes quando ocorrem eventos vulcânicos intercalados com rochas sedimentares (Bueno, 2004; Azevedo, 2004; Küchle, 2010). Antigas classificações de bacias riftes evidenciaram intensa relação do vulcanismo com seus modelos. Como Pollard *et al.* (1983), classifica os riftes como rifte com preenchimento vulcânico, rifte com preenchimento Vulcano-sedimentar e rifte com preenchimento sedimentar.

A Bacia Paraíba (BPb), outrora considera uma bacia única juntamente com a Bacia Pernambuco (BPe), possui atualmente o status de uma bacia de margem passiva limitada a norte pelo Alto de Mamanguape e a sul pela Zona de Cisalhamento Pernambuco, essa zona de cisalhamento separa a BPb e a BPe. Como a BPe possui um magmatismo já conhecido de idade Ar-Ar 102 ± 1 Ma (Nascimento, 2003). Tenta-se compreender a evolução da Bacia Paraíba e de possíveis magmatismo que ocorrem na borda desta bacia como os descritos por, Morais (2005), Vila Nova (2005) e Brito Neves *et al.* (2008).

A problemática do estudo se dá devido ao grande número de intrusões nos terrenos do embasamento cristalino de idades variadas desde o Proterozóico até o Cenozóico (Oliveira, 2008). Assim como a urbanização e agricultura em praticamente toda a bacia, dificultando a localização de afloramentos e conservação dos poucos encontrados.

Este trabalho tem como objetivo o mapeamento geológico dos corpos ígneos da borda da Sub-Bacia Olinda, Bacia Paraíba e sua correlação com as zonas de cisalhamento, através de geofísica, sensoriamento remoto, petrografia e geoquímica de elementos maiores destes corpos. A fim de colaborar para o entendimento da evolução tectono-estratigráfica das bacias litorâneas da borda leste da Província Borborema.

2 Área de Estudo

A área de estudo está localizada na região Nordeste do Brasil (Figura 1 A). Esta área possui 387,2 km² e seus limites diagonais abrangem as coordenadas geográficas 7°37'30" – 7°45'00" de latitude sul e 35°00'00" – 35°15'00" de longitude oeste. Englobando as porções centro-leste e

centro oeste das folhas, 1:100.000, Limoeiro e Itamaracá, respectivamente. O acesso à área saindo da cidade de Recife-PE, ocorre através da rodovia federal BR-408 até o município de Tracunhaém-PE onde tem-se acesso à rodovia estadual PE-042 a partir de Nazaré da Mata-PE encontra-se na área. O principal sistema fluvial encontrado na área faz parte do Rio Tracunhaém e seus afluentes. (Figura 1 C).

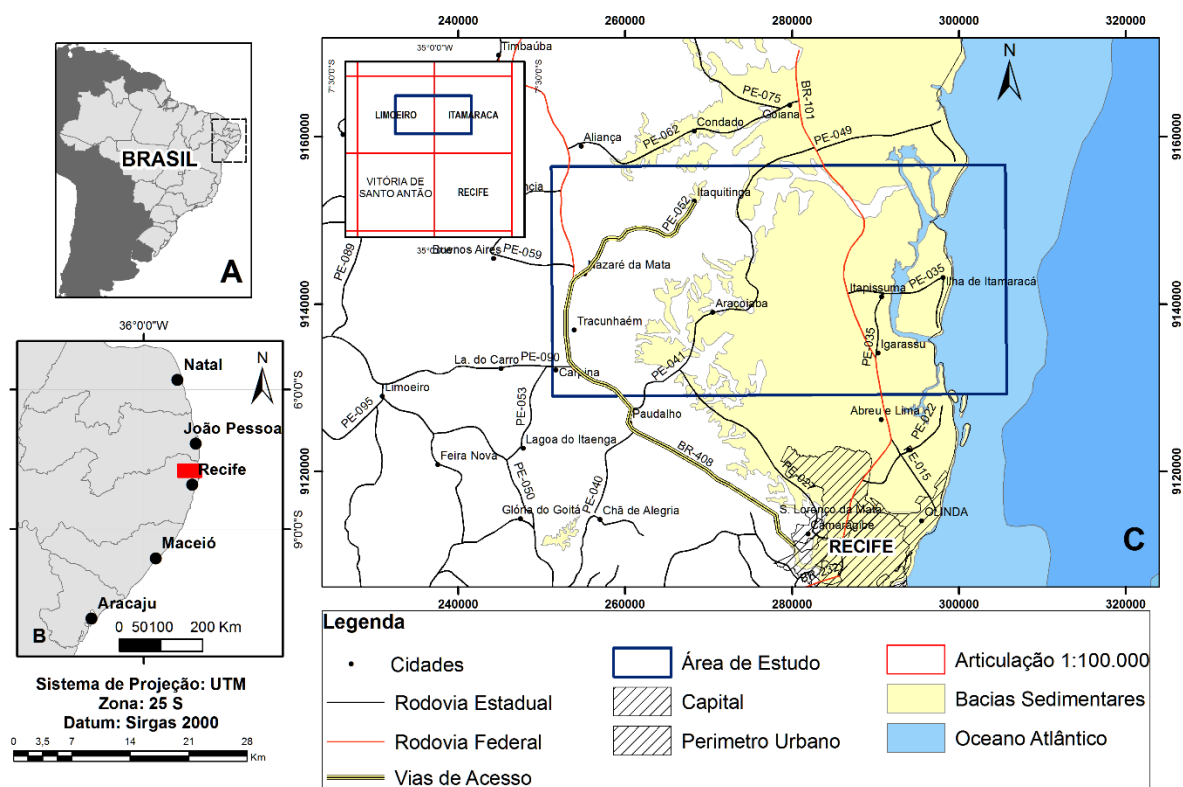


Figura 1 - A) Mapa do Brasil e América do sul com destaque no NE brasileiro. B) Mapa do NE brasileiro onde destaca-se a área de trabalho. C) Mapa de localização da área de estudo e vias de acesso à área. Assim como relação da área de estudo com as folhas cartográficas na escala de 1:100.000.

3 Materiais e Métodos

O Serviço Geológico Brasileiro (CPRM) requisitou a realização do levantamento aerogeofísico no projeto Borda Leste do Planalto da Borborema. O levantamento aerogeofísico é caracterizado por espaçamento entre as linhas de voo (N-S) e de controle (E-W) de 500 e 1000m, respectivamente. O projeto foi executado por um consórcio entre as empresas LASA Engenharia e Prospeções S.A. e Prospectors Aerolevantamentos e Sistemas Ltda. no ano de 2008 para a CPRM. Com os grids cedidos foram aplicados métodos de interpolação bidirecional e células de 125m. Através do *software Oasis Montj 6.3* foram utilizados os seguintes processamentos: campo magnético total, primeira derivada vertical do campo magnético (Dz), reduzido ao polo do campo magnético residual, reduzido ao polo do campo magnético, sinal analítico do campo magnético e derivada tilt ou inclinação do sinal analítico (tilt).

Através dos mapas de relevo sombreado interpretou-se os lineamentos superficiais associados a drenagens e quebras positivas e negativas. Com os mapas de Dz e Tilt foram interpretados estruturas lineares de subsuperfície rasa (Dz) e de subsuperfície intermediária (tilt). O mapa de redução ao polo do campo magnético, utilizado para delimitar corpos ígneos próximos a bacia. Com os mapas de Ternário (K, Th, U), canal K, canal Th e canal U, interpretou-se limites e unidades litogeofísicas para a comparação de mapas geológicos já existentes.

O *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM) foi levado a bordo do ônibus espacial *Endeavour* em 2000. O **SRTM 1 Arc-Second** possui dados de elevação **global** que oferecem cobertura mundial de dados preenchidos com uma resolução de 1 segundo de arco (30 metros) e fornecem distribuição aberta deste conjunto de dados globais de alta resolução, obtido no site *earthexplorer.usgs.gov*. Em posse foram processados no *software Envi 5.0* o relevo sombreado, utilizando os ângulos azimutais de iluminação do sol de 0°, 270° e 315° e o ângulo de inclinação de incidência sola de 45°, devido as angulações citadas destacar as estruturas geológicas da área.

A 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).

Os dados de gamaespectrometria foram processados os canais de potássio (K), urânio (U), tório (Th) e K, eTh e eU em RGB. O uso da gamaespectrometria visa a contribuição para o melhor entendimento da geologia local, já que não existe uma vasta quantidade de afloramentos e a leste a área é muito urbanizada.

O potássio é um elemento alcalino comum na crosta terrestre (2,35%), e pode ser encontrado em minerais como feldspatos potássicos e micas, logo, abundante em rochas félsicas. Esse elemento geralmente é ausente em minerais máficos e pouco abundante em dunitos e peridotitos (Fertl, 1983). O urânio é um elemento menor encontrado na crosta terrestre em concentrações de aproximadamente 3 ppm. Ele ocorre em duas valências: U4+ e U6+, e pode ser observado em minerais como monazita, xenotima, zircão, além de ser encontrado como elemento traço em outros minerais formadores de rocha (Dickson e Scott, 1997). O tório também é um elemento menor com baixa concentração natural na crosta terrestre (aproximadamente 12 ppm) e ocorre apenas no estado de valência Th4+ (França *et al.* 2016).

Para o estudo petrográfico foram analisadas 15 (quinze) lâminas delgadas, 12 (doze) dos corpos ígneos e três de milonitos com tendência estrutural próxima aos diques dos corpos ígneos estudados.

4 Contexto Geológico

A porção onshore da Bacia da Paraíba está localizada no litoral do nordeste brasileiro, mais especificamente no litoral do estado da Paraíba e parte do litoral do estado de Pernambuco, na Província Borborema. A bacia é limitada a norte da Zona de Cisalhamento Pernambuco e ao sul do Alto de Mamanguape, esse seria um prolongamento da Zona de Cisalhamento Patos (Lima Filho, 1998; Lima Filho *et al.* 2005, 2006; Barbosa *et al.* 2004, 2005, 2007, 2008). A BPb é sobreposta a rochas supracrustais, graníticas e ortognaisses, do Paleo- ao Neoproterozóico do Terreno Rio Capibaribe, Terreno Alto Moxotó e Terreno Alto Pajeú. A bacia tem sua evolução originada do rifteamento entre os continentes Sul-Americano e Africano. Este primeiro grande evento tectônico reativou as zonas de cisalhamento com *trending* NE-SW e E-W, entre o Jurássico Inferior e o Eo-Cretáceo, durante o início da quebra do Pangea (Castro *et al.* 2008; Matos, 1992, 1999, 2000; Rossetti *et al.* 2011). As zonas de cisalhamento foram reativadas no Cretáceo e no Terciário (Nóbrega *et al.* 2005).

O Terreno Rio Capibaribe (TRC) (Santos & Medeiro, 1999; Medeiros, 2004) foi individualizado no sul-sudeste do Domínio Transversal da Província da Borborema. O limite norte é convenicionado como o Lineamento Congo-Cruzeiro do Nordeste, com direção geral de NE-SW para E-NE, separando o TRC do Terreno Alto Moxotó (ao norte), a sul pelo Lineamento Pernambuco, de direção geral E-W, caracterizado como uma zona de cisalhamento destrai, que separa o TRC dos domínios graníticos-migmatíticos do Terreno/Maciço Pernambuco – Alagoas (PEAL).

Litologicamente a BPb é dividida em Formação Beberibe, 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). A Formação Beberibe é sobreposta pela Formação Itamaracá, definida primeiramente como uma sequência de calcarenitos (Kegel, 1953), em contato interdigitado. De idade neo-campaniana-eo-maastrichtiana (Beurlen, 1967a, b; Tinoco, 1971; Barbosa, 2004, 2007; Souza, 2006), a Formação Itamaracá corresponde a 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 (Barbosa *et al.* 2008). Subindo na estratigrafia encontra-se a Formação Gramame. Depositada pela transgressão marinha durante o Cretáceo superior (Maastrichtiano), é caracterizada por calcários margosos e margas sem influência siliciclástica, depositados em plataforma rasa com baixa ou

moderada energia e sob a ação periódica de tempestades (Nascimento, 2003). 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). Litologicamente possui, na base, calcários pseudolitográficos, seguindo-se calcários detríticos finos, bem estratificados, bastante dolomitizados, passando, na porção superior, para calcários detríticos argilosos e margas calcárias (Oliveira, 1978). O Grupo Barreiras tem idade de formação interpretada de forma geral como plio-plesitocênica (Mabesoone & Alheiros, 1988, 1993). De origem predominantemente continental sotoposto em falésias junto ao mar, ao longo de extensos trechos da costa brasileira (Feijó, 1994). A maioria das camadas são constituídas de material silico-argilosos, com grande predominância de areias quartzosas, arcoseanas e argilas, às vezes, com ocorrência de seixos. Existe o predomínio de tonalidades roxas, vermelhas, acinzentadas e amareladas (Kegel, 1955).

5 Interpretação de Estruturas Lineares

A interpretação de estruturas lineares, (falhas, juntas e fraturas) utilizando os dados de SRTm e processamento de Dz e Tilt dos dados aeromagnéticos foi possível observar as tendências de lineamentos locais. Desta forma, foram interpretados lineamento no SRTm onde foram diferenciados entre quebras positivas e negativas, além de separados entre totais, referentes a bacia e referentes ao embasamento. Para os dados de aeromagnetometria foram divididos em totais, referentes a bacia e referentes ao embasamento.

Como pode-se observar na Figura 2, as rosetas dos lineamento do produto dos sombreamento em 0°, 210° e 315° obteve-se de forma total rosetas de quebras positivas e quebras negativas. A utilização da divisão entre bacia sedimentar e embasamento cristalino, deu-se utilizando unidades do Cretáceo até o recente para os limites da bacia. A primeira possui tendências principais N-S e E-W e secundárias NE-SW e WNW-ESSE, as quebras negativas possuem tendências principais com grande número de medidas NW-SE e NE-SW e secundárias E-W. Nos lineamentos superficiais referentes a bacia, observa-se nas positivas principal tendência N-S a NW-SW e secundária NE-SW. Nas quebras negativas observa-se tendência principal NW-SE e NE-SW e secundárias com direção E-W. Os lineamentos referentes aos terrenos do embasamento cristalino as quebras positivas possuem tendência WNW-ESSE, enquanto que os lineamentos de quebras negativas apresentam forte tendência NE-SW e NW-SE e secundárias E-W.

Para as rosetas dos dados de sub superfície foram interpretado lineamentos nos altos magnéticos. Para melhor compreensão das estruturas optou-se pela divisão entre bacia sedimentar e terreno do embasamento, como também rosetas totais de lineamentos estruturais. Nos dados de processamento da primeira derivada vertical do sinal magnético os dados totais indicam tendência principal NE-SW e secundária E-W, na bacia e no embasamento esta tendência se repete. Nos dados de inclinação do sinal analítico observa-se que os dados totais possuem tendência principal NE-SW e secundária WNW-ESE. Dentro da bacia a principal tendência dos lineamentos é de direção E-W e secundárias ENE-WSW e WNW-ESE. Já no embasamento estas tendências são diferentes apresentando direção principal NE-SW e secundária WNW-ESE.

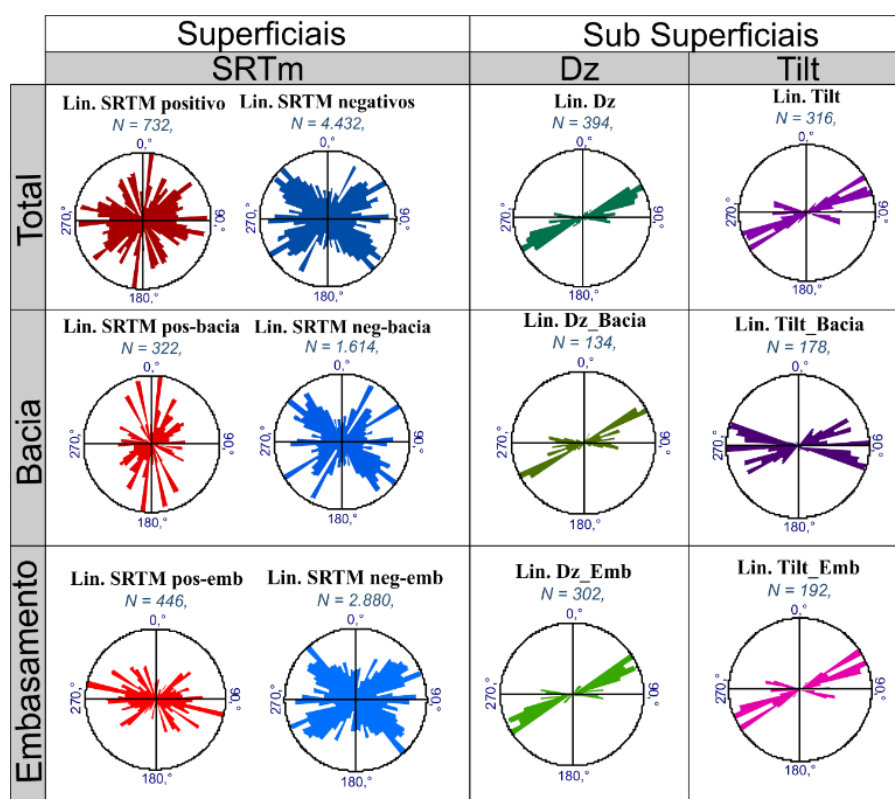


Figura 2 - Quadro com os diagramas de rosetas dos lineamentos interpretados da área de estudo, divididos primeiramente em total, onde estão as interpretações de SRTM, Dz e Tilt. Em seguida as interpretações da bacia dividida nos mesmos dados de sensor remoto e filtros geofísicos e por fim as interpretações dos lineamentos do embasamento

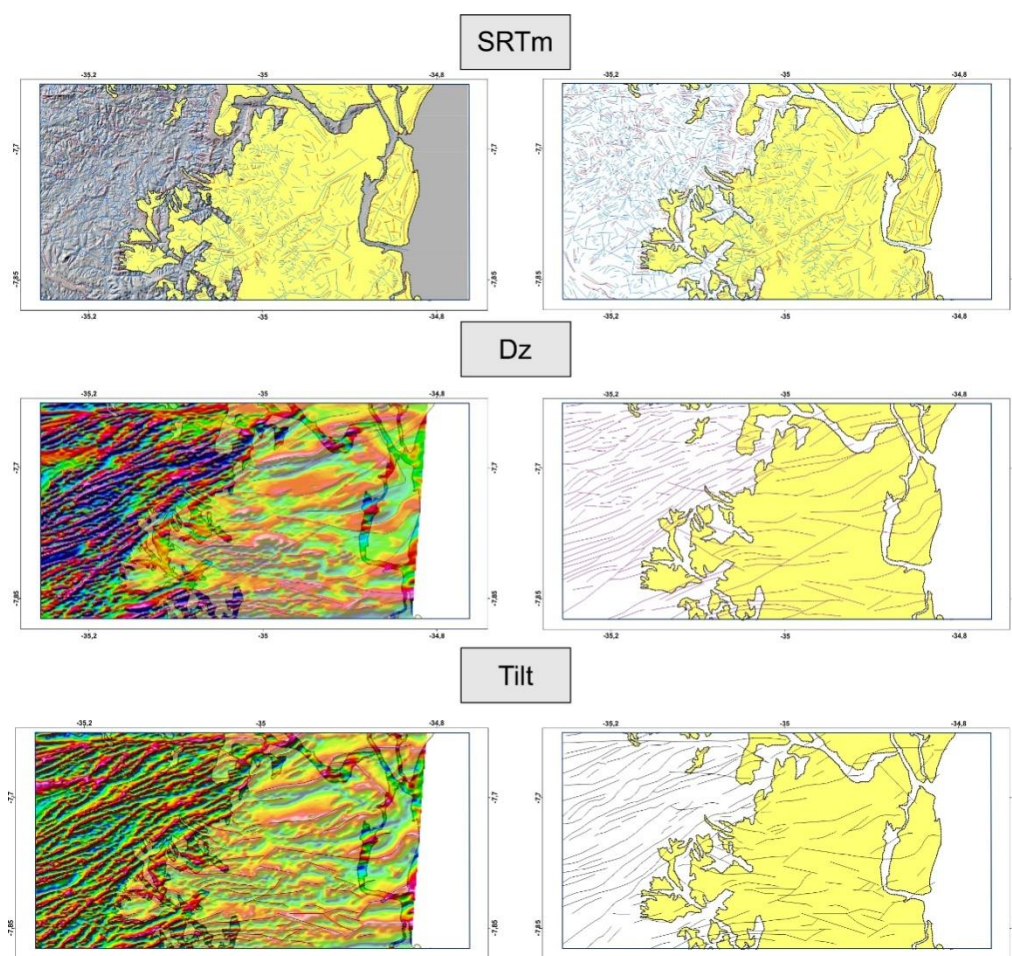


Figura 3 - Estruturas lineares traçadas utilizando dados de sensor remoto (SRTM), e processamento de dados aeromagnetométrico como primeira derivada do sinal magnético (Dz) e inclinação do sinal magnético (TILT).

A integração dos dados supracitados observa-se que o embasamento localmente sofreu um esforço maior WNW-ESE levando-se em conta os dados de sub superfície, observa-se de forma mais generalizada na borda da bacia que o embasamento sofreu um esforço maior WNW-ESE mais próximo a NW-SE. Por isso é comumente encontrado lineamentos de direção NE-SW a ENE-WSW. Nos dados superficiais observa-se reativações com esforços N-S, E-W e NE-SW. Estudos mais gerais mais englobando a borda da Sub-Bacia Olinda indicam que nos dias atuais a BPb é caracterizada por compressão E-W e extensão N-S, possuindo movimentações de NE-SW e NW-SW. Isso se dá pela movimentação das zonas de cisalhamento dúcteis na região e reativação de falhas rúpteis.(Bezerra *et al.* 2014). Outra explicação seria a reativação dos cinturões miloníticos da PB durante a abertura do rifte que formaria a bacia no Neocomiano.(Bezerra *et al.* 2011; Kirkpatrick *et al.* 2013). Uma terceira explicação foi provada por Bezerra *et al.* (2007, 2011), onde apresentam-se evidências que mostram que a reativação ocorreu sob pressão de alto fluido nas

zonas de falha. Assim acredita-se que a reativação de zonas de cisalhamento dúctil em regime rúptil desde o Cretáceo e continuamente reativada do Cretáceo ao Quaternário. (Bezerra *et al.* 2014, Topan & Lima Filho, 2017).

6 Mapeamento Litogeofísico

A aerogamaespectrometria pode ser utilizada para mapear a variação do potássio (K) e dos elementos da família do tório (Th) e urânio (U), alcançando profundidades de até 30 cm na superfície terrestre. A distribuição dos radioelementos está sujeita a alterações causadas pelo intemperismo. A intensidade dessa alteração depende de muitos fatores, como, por exemplo, do tipo de rocha que está sendo alterada e do tipo de erosão. Rochas intermediárias e básicas alteram pouco suas concentrações de radioelementos durante intemperismo inicial, mas a pedogênese pode resultar em solos com até três vezes o teor de U e Th da rocha fonte (Dickson & Scott, 1997).

A composição desse mapa tem por objetivo apresentar de forma direta os principais resultados obtidos a partir da interpretação dos dados radiométricos, facilitando a comparação desses com o mapa geológico da área de estudo e ajudar no mapeamento dos corpos ígneos da borda da Sub-Bacia Olinda.

A mapa do ternário (Figura4) foi utilizado como base principal para a delimitação dos domínios, já que o mesmo possui contribuição relativa de cada radioelemento. A contagem de cada elemento foi classificada para cada domínio em baixa (b), média (m) ou alta (a) concentração, e assim cada um dos domínios foi devidamente classificado e em seguida foram numerados para melhorar a visualização do mapa. Dentro das dificuldades possíveis de serem encontradas na interpretação, deparou-se com a lixiviação provocada pelos rios e a urbanização. A junção desses fatores naturais e antrópicos, aumentou a dificuldade na interpretação dos dados, porém o resultado da interpretação foi satisfatório, evidenciando a heterogeneidade entre o embasamento e a bacia, entre as unidades do embasamento, entre algumas unidades da bacia e ainda pode ser observadas algumas zonas de cisalhamento.

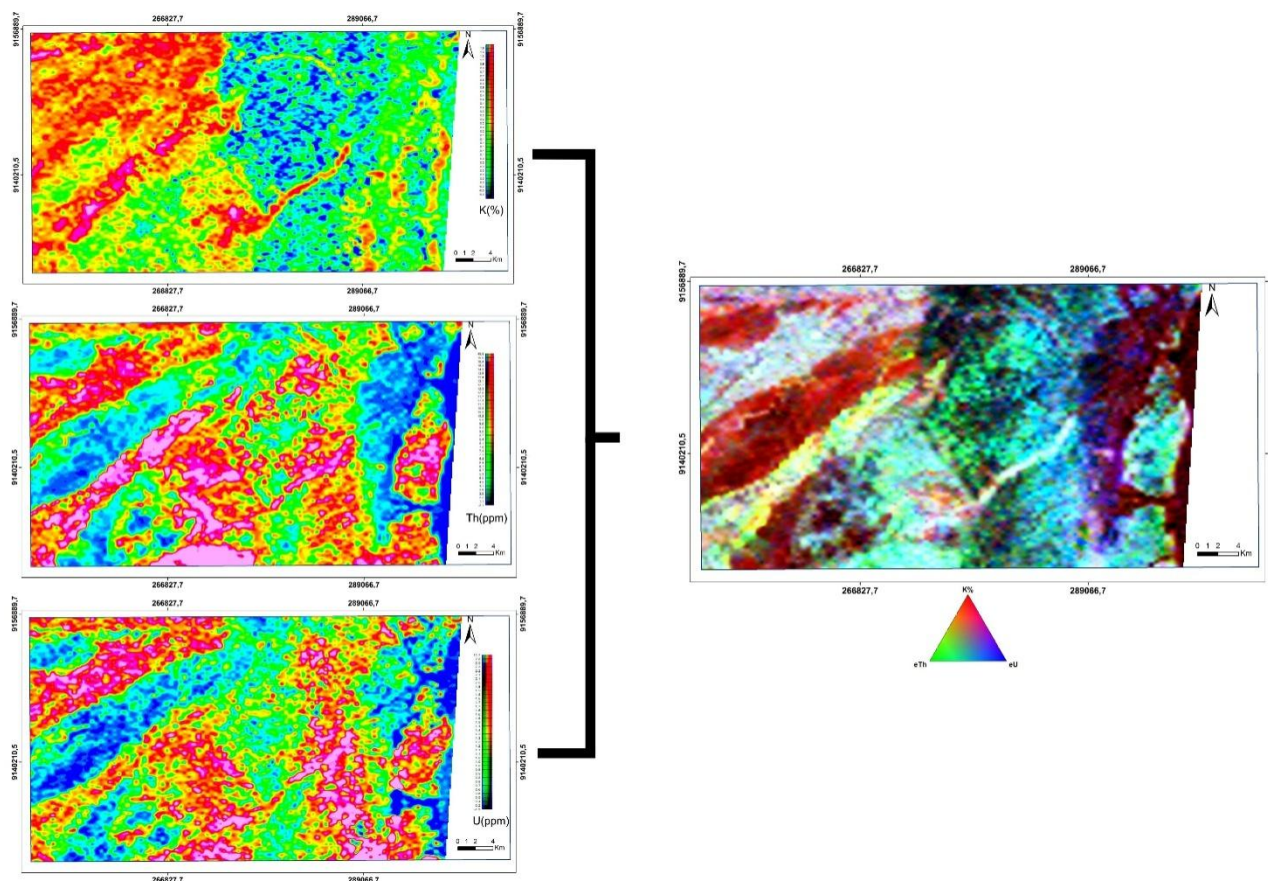


Figura 4 - Mapas dos canais de potássio, tório e urânio da área de pesquisa acompanhados do mapa de distribuição ternária destes três elementos radioativos.

Com base na assinatura gamaespectrométrica, foi possível identificar 16 domínios litogeofísicos na área de estudo (Figura 5), caracterizados da seguinte forma:

Domínio 1: localizado à oeste da área e de grande extensão, é caracterizado por altos valores dos três radioelementos.

Domínio 2: localizado na porção central da área e de pequena dimensão, possui valores de potássio e tório alto e urânio médio.

Domínio 3: localizado à noroeste da área de estudo, é caracterizado por alto valor de potássio, e valores de tório e urânio baixo.

Domínio 4: de área pequena e localizado no centro da área, apresenta valor alto de K, Th baixo e valor médio de U.

Domínio 5: ocorre no centro da área e é caracterizado por alto valor de K, valor médio de Th e valor alto de U.

Domínio 6: localizado na porção centro-leste da área é caracterizado por baixo valor de potássio e altos valores de tório e urânio.

Domínio 7: ocorrendo na porção leste da área e caracterizado por valores baixos em todos os três elementos é referente a resposta de área com água. No caso o Oceano Atlântico.

Domínio 8: ocorre na porção mais a leste da área e possui valores baixos de K e Th e valor médio de U.

Domínio 9: localizado na porção leste superior da área, caracterizado por valor baixo de potássio, médio de tório e alto de urânio.

Domínio 10: localizado na parte central da área com e pequenas porções na parte leste, é caracterizado por baixo valor de K e valor médio de Th e U.

Domínio 11: ocorre na porção centro-oeste sendo caracterizado por valor médio de K e alto valor de Th e U.

Domínio 12: ocorre na parte superior leste da área e possui valor alto de Th e valor médio de K e U.

Domínio 13: localizado na parte superior-leste da área e possui valores médio de potássio, baixo de tório e alto de urânio.

Domínio 14: localizado na porção oeste de área é caracterizado por valor médio de K e baixo de Th e U.

Domínio 15: disperso na área de estudo em pequenos corpos é caracterizado por valores médios de potássio e tório e alto de urânio.

Domínio 16: localizado na porção central da área é caracterizado por valor médio no três radioelementos.

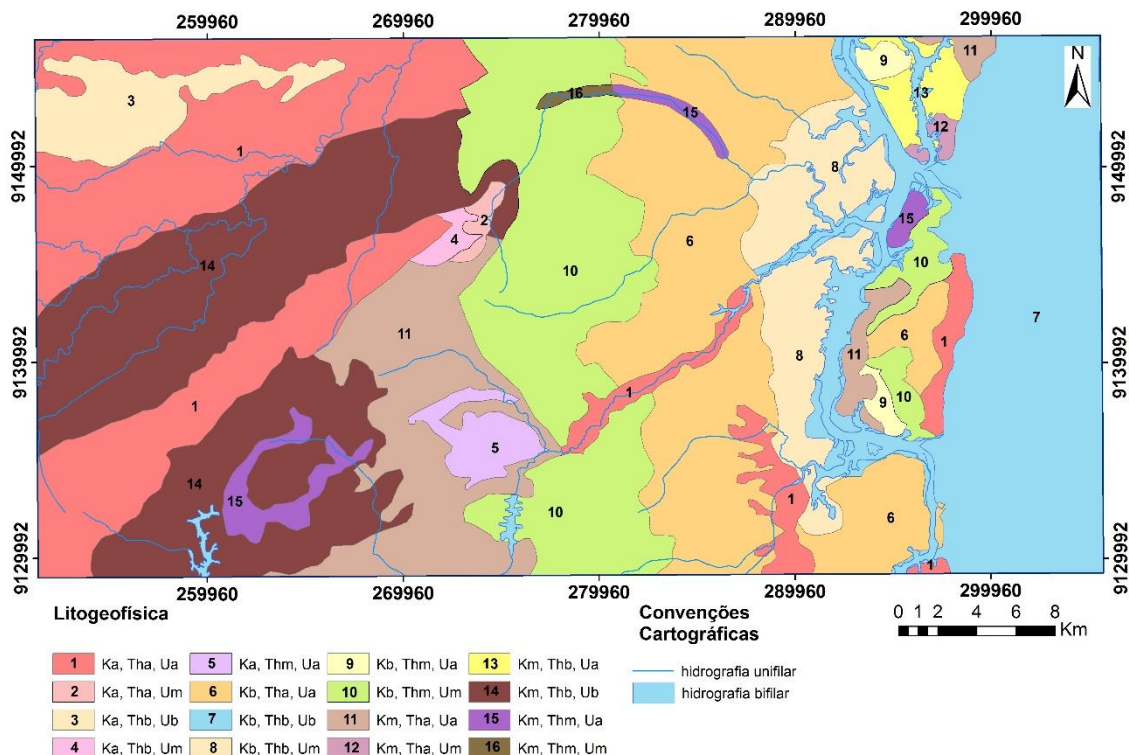


Figura 5 - Mapa litogeofísico interpretado através das contagens dos radioelementos potássio (K), tório(Th) e urânio(U). A legenda apresenta Za, Zm e Zb e são referentes às contagens altas, médias e baixas do elemento a frente, respectivamente.

O mapa litogeofísico mostra claramente a divisão entre o domínio da Bacia Paraíba e do Embasamento cristalino, comparados aos mapas mais recentes (Santos *et al.* 2016; Valença *et al.* 2014), assim como os demais domínios que serão citados adiante. A partir da maior porção do domínio 10 para leste faz parte da Bacia da Paraíba. O próprio domínio 10 é interpretado como a porção do Grupo Barreiras sobre os sedimentos da bacia. O domínio 6 é interpretado como a Formação Beberibe, caracterizada por conglomerados e arenitos, onde espera-se uma contagem alta em tório e urânio e baixa e potássio que já foi retirado dos sedimentos. Os domínios 8, 9, 12 e 13 são interpretados como depósitos quaternários, como: depósitos de mangue, aluvionares, litorâneos e marinhos. O domínio 1 corresponde ao Complexo Salgadinho, são ortognaisses de composição variada desde tonalítica até granítica, logo espera-se a contagem alta dos três elementos. Este domínio também foi interpretado dentro da bacia sedimentar, onde pode ocorrer devido às respostas de K, Th e U de areias quatzosas. O domínio 14 e 11 ocorre onde espera-se encontrar o Complexo Surubim- Carrolina caracterizado por paragnaisses logo a resposta de K é intermediária e possui baixa contagem de Th e U. Assim a gamaespectrometria com a interpretação do mapa litogeofísico fornece uma caracterização inicial das unidades já mapeadas e qual tipo de relação entre as unidades geológicas esperar em um mapeamento geológico de campo.

7 Mapeamento de Corpo Ígneos

O questionamento de ter existido algum tipo de atividade vulcânica na Bacia Paraíba é decorrente desde Barbosa (1990). Esses relatam a existência de diques ácidos e diques básicos. Sendo os diques ácidos nomeados como quartzo-monzonito porfirítico que ocorre em forma de blocos *in situ* que ocorrem em meio aos gnaisses em direção geral NE-SW. Os diques básicos caracterizados por microquartzodiorito ocorrem em corpos arrasados preenchendo fraturas de direção geral de NE-SW.

Tanto Moraes (2005) quanto Vila Nova (2005) também observaram a existência de rochas vulcânicas a subvulcânicas na área. Caracterizadas como dique de dacito de matriz afanítica, máfica englobando vários fenocristais arredondados de plagioclásio e quartzo, com dimensões de aproximadamente 0,5 cm.

Com base nos estudos supracitados foram diferenciados grupos. Primeiramente foram observados um dacito porfirítico, descrito por Barbosa (1990) como quartzo-monzodiorito. Ocorrem em blocos *in situ* de dimensões métricas entre os municípios de Nazaré da Mata e Itaquitinga, orientados na direção NE-SW, como pode ser observado na (Figura 6 A e B). Macroscopicamente descrito como rocha de matriz máfica, holocristalina, porfirítica, com fenocristais de K-feldspato, que variam de 0,2 a 6 cm. Sua matriz possui granulação fina, onde 60% é composto de minerais escuros, sendo assim melanocrática. Observa-se presença rara de óxido de ferro e observa-se magnetismo.

O segundo grupo de rochas foram diabásio que se encontram na forma de blocos arrasados a SE do município de Itaquitinga, são os diques de dacito observados por Moraes (2005) e Vila Nova (2005) e o microquartzodiorito descrito por Barbosa (1990), (Figura 6 C e D). São rochas melanocráticas de granulação menor que 0,3mm, fina, afanítica, hipocristalina, cristais inequigranulares. Possui amígdalas preenchidas por material vítreo e alguns fenocristais de plagioclásio. A rocha é pouco magnética.

Outro grupo de rochas encontrado foram diques com 30 cm de largura de basaltos intrudidos em ortognaisse, são mais difíceis de serem encontrados devido ao tamanho dos diques. Estes diques apresentam direção E-W, (Figura 6 E e F). São rochas melanocráticas, hipovítrea, afanítica, de granulação densa. Apresentam amígdalas com material vítreo e pequenos xenólitos do ortognaisse encaixante no interior e magnetismo fraco.

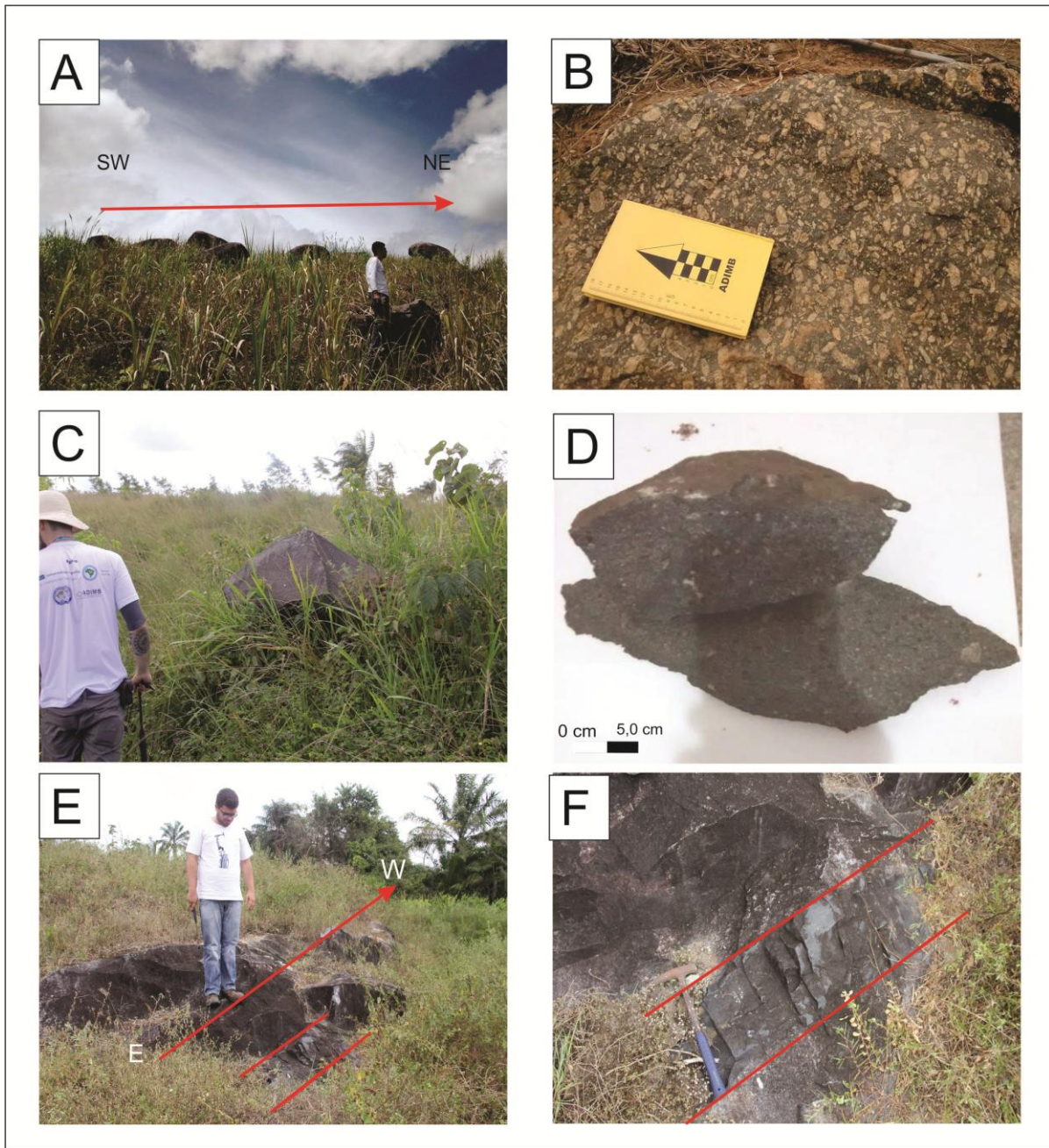


Figura 6 - (A) Foto dos blocos de dacito pórfiro no afloramento T14, onde observa-se claramente o alinhamento NE-SW; (B) Bloco *in situ* de dacito porfírico; (C) blocos rasteiros de diabásio, próximos a estrada; (D) amostra do diabásio, onde são observados alguns fenocristais; (E) afloramento dos diques de basalto com direção E-W e (F) dique de basalto cortando o ortognaisses do embasamento.

Para o mapeamento dos corpos encontrados além da pesquisa de campo foi utilizado o filtro de redução ao polo do campo magnético. O filtro de redução ao polo do campo magnético parte importante do processamento de dados geofísicos magnéticos. Este filtro é aplicado no domínio de Fourier e migra o campo observado da inclinação e da declinação magnética observadas, tais que o campo pareça tal como no pólo magnético. Isto ajuda na interpretação, visto que qualquer

assimetria do campo reduzido ao pólo pode ser atribuída à geometria da fonte e/ou às suas propriedades magnéticas.

Assim, o processamento de redução ao polo do campo magnético possibilitou a observação e delimitação de anomalias positivas que foram investigadas em campo e observadas como os corpos de dacito porfirítico e diabásio. Observa-se na Figura 7, que os corpos são diques orientados segundo as zonas de cisalhamento da área. Nos afloramentos estudados não foram observados relação estratigráfica com formações da bacia. Este fato deve-se a grande diferença de idade entre a abertura dos diques e a deposição da Formação Beberibe. Indicando que os diques de dacito porfirítico seja mais antigo que a abertura da bacia, Coniaciano – Santoniano, 89,8 a 86,3 Ma (Beurlen, 1967).

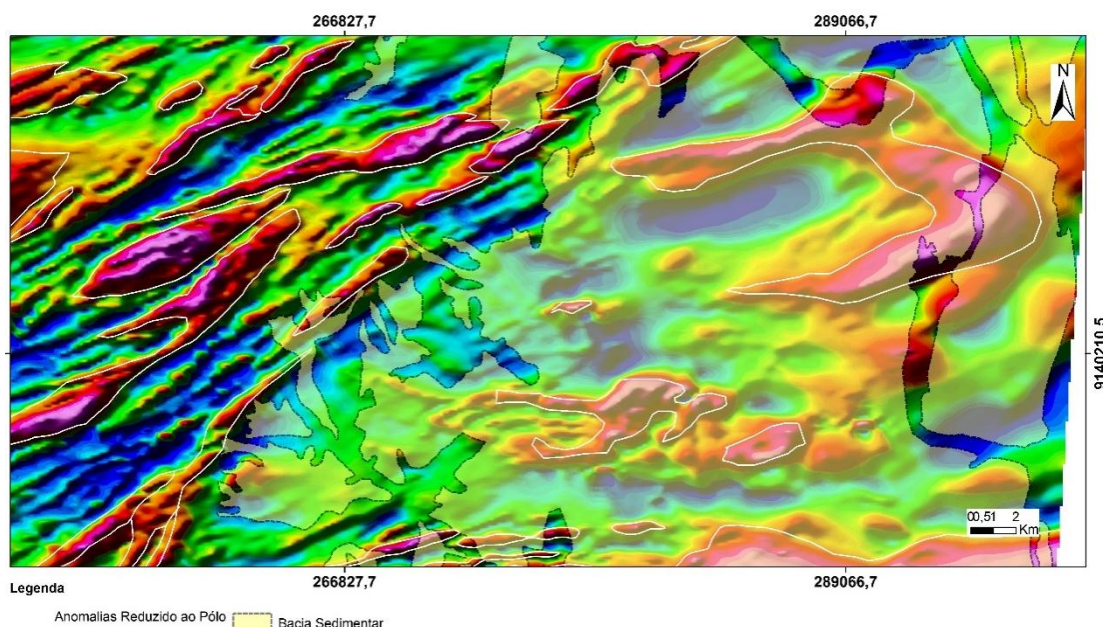


Figura 7 - Mapa dos alto do filtro de redução ao pólo, onde várias dessas anomalias foram mapeadas em campo e encontrados os blocos *in situ* de dacitos porfiríticos e diques de diabásio.

8 Petrografia

Para a caracterização petrográfica dos corpos ígneos mapeados no embasamento adjacente à Sub-Bacia Olinda, foram utilizadas 15 lâminas. Destas 5 são dediabásio, 5 de dacito pórfiro, 5 de basalto.

As petrografias foram comparadas às petrografias anteriormente descritas por outros pesquisadores (Barbosa, 1990; Morais, 2005; Vila Nova, 2005)

8.1 Diabásio

Rocha com textura subofídica com articulação entre os cristais aparenta irregularidade, onde os cristais de plagioclásio preenchem os espaços deixados por outros minerais. Holocristalina, subafanítica, com cristais sub-milimétrico a milimétricos, onde o tamanho relativo dos cristais é caracterizado como equigranular. São observados anfibólios muito alterados para biotita, quantidade de aproximadamente 3% de apatita, 1% de epidoto, 65% de plagioclásio, 15% de quartzo, 15% de anfibólios e piroxênios e 5% de minerais opacos. Quando normalizado ocupa o espaço dos quartzo-monzodiorito. Devido à presença dos anfibólios sugere-se que essa rocha foi cristalizada em profundidade subvulcânica e com água no sistema (Figura 8 A, B, C).

Vila Nova (2005) descreve uma rocha constituída por fenocristais de quartzo e plagioclásio de dimensões milimétricas envoltos por uma matriz máfica fina composta por quartzo, plagioclásio e biotita. Os fenocristais de quartzo são fracamente alongados. Barbosa (1990) descreve como um microquartzodiorito, caracterizado por textura porfirítica constituída de plagioclásio (andesina), biotita, quartzo e epidoto, como pode ser observado na Figura 8 D.

As diferenças entre as descrições indica uma diferença composicional fraca, observa-se apatita, anfibólios e epidotos. Quando as porcentagens são normalizadas e plotadas no diagrama de classificação de rochas plutônicas de Streckeisen (1976), esta é identificada como um quartzo monzodiorito. Devido à textura observada, o tamanho dos grãos indentificou-se como um diabásio.

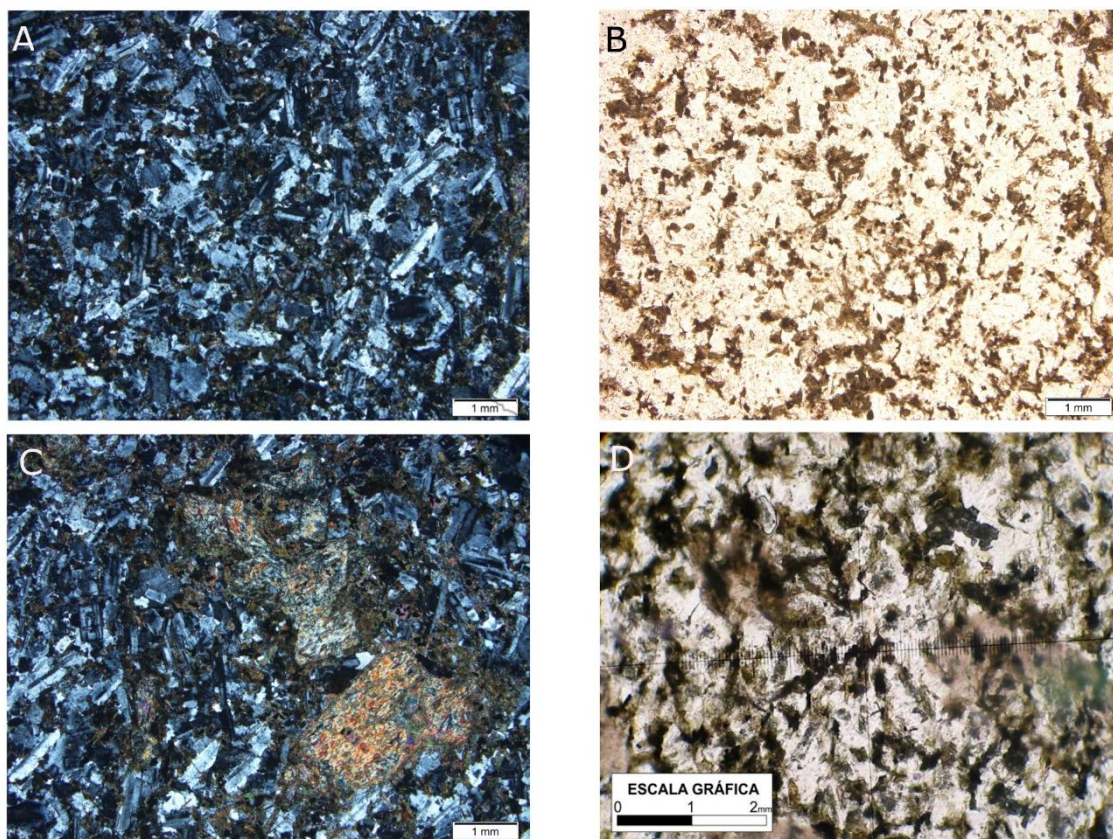


Figura 8 - (A) e (B) Fotomicrografia do diabásio, onde observa-se muitos plagioclásios, com textura sub-ofídica, com formatos ripforme, biotita e anfibólios e piroxênios, nicóis cruzados e nicóis paralelos, respectivamente. (C) Nesta fotomicrografia podem ser observados os anfibólios, sofrendo biotitização, nicóis cruzados. (D) Composição mineralógica da matriz da extrusão sub-vulcânica, composta de quartzo, plagioclásio e biotita, com nicóis paralelos, fotomicrografia apresenta por Vila Nova(2005).

8.2 Dacitos Pórfiros

Rocha porfirítica, com matriz afanítica, hipocristalina, com fenocristais de quartzo, k-feldspatos e plagioclásios (Figura 9 A, B). Os fenocristais de plagioclásio são de tamanhos centimétricos e em sua maioria são euédricos (Figura 9 E, F). Os fenocristais de quartzo e K-feldspato possuem tamanhos milimétricos a centimétricos, anhedrais e subhedrais, respectivamente. Os K-feldspatos são mais raros fazendo parte de 3% da rocha. Os plagioclásios são 30% da rocha e os fenocristais quartzos são aproximadamente 10%. São observados minerais como allanita e epidotos, e minerais de alteração como a clorita e biotita. A presença de anfibólios de difícil identificação devido ao estado de alteração, indica a presença de água no sistema e isso pode indicar um resfriamento hipo-abissal (Figura 9 C, D). Observa-se bordas de corrosão indicam uma reação com o magma. Acredita-se que houve uma mistura de magmas devido a diferença entre os fenocristais e a matriz muito fina. Pode ter ocorrido uma possível mistura de magmas devido

primeiramente à matriz ser muito fina e ser observados cristais de K-feldspato e plagioclásio grande e bem formados e posteriormente pela zonação de alguns plagioclásios.

Morais (2005) descreve os dacitos pórfiros como granodioritos, possuindo fenocristais essencialmente de plagioclásio e muito raramente de microclina, Feldspatos potássicos (perita) aparecem circundando os plagioclásios, formando uma textura anti-rapakivi. Os minerais acessórios presentes são alanita, monazita, apatita e epidoto, este em quantidades muito pequenas. Com matriz afanítica de coloração escura caracterizado por quartzo mimequítico, biotita, anfibólio e piroxênio. Algumas características evidenciam que houve uma mistura de magmas durante a cristalização do granodiorito, como a granulometria muito fina da matriz, a presença de apatita, cristais de mica alongados, textura anti-rapakivi, e plagioclásio com textura tipo esponja e borda de corrosão (esta podendo ser formada no encontro de magmas). Os magmas provavelmente têm duas origens, sendo um basáltico (máfico) e outro riolítico (félsico). Assim, o granodiorito seria uma rocha sub-vulcânica, cristalizada próxima da superfície (Figura 9 G, H)

Devido às porcentagens de minerais observados e quando classificados e plotados no diagrama classificação de rochas vulcânicas de Streckeisen (1979), fica no campo dos dacitos. Onde utilizando-se o diagrama de classificação de rochas plutônicas (Streckeisen, 1976), estaria no campo dos granodioritos, como optou Moraes, 2005. Porém como a matriz observada é menor que 0,25mm optou-se por utilizar o diagrama de rochas vulcânicas. Não foram observados texturas anti-rapakivi, porém sugere-se que esta rocha foi formada por uma mistura de magmas, interação do magma com os fenocristais e cristalização próxima à superfície.

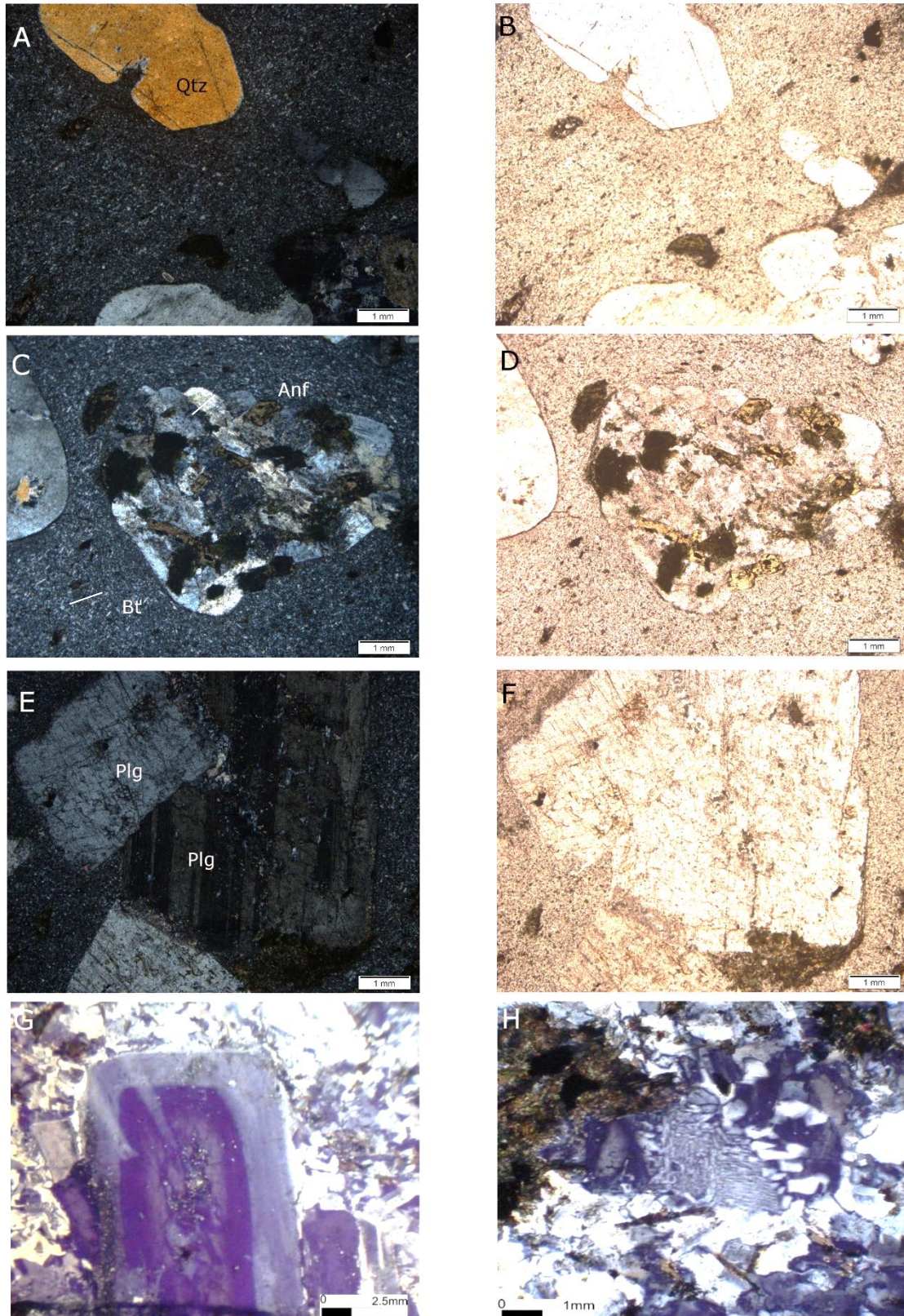


Figura 9 - (A) e (B) Fotomicrografia das bordas de embainhamento nos quartzos indicando a reação entre o magma e os cristais já formados, nicóis cruzados e paralelos, respectivamente. (C) e (D) Observa-se a relação da biotita se formando a partir da transformação de anfibólios e piroxênios, nicóis cruzados e paralelos, respectivamente. (E) e (F) Pode-se observar como os plagioclásios são grandes e bem formados, nicóis cruzados e paralelos, respectivamente. (G)

Observa-se a zanação dos plagioclásios e (H) o intercrescimento mimerquítico, estes últimos observados por Morais(2005).

8.3 Basaltos

Rocha afanítica, com fenocristais de ortopiroxênio (OPX), clinopiroxênio (CPX) e plagioclásio. Apresenta grau de cristalinidade hipocristalina, granulação fina, inequigranular e de forma geométrica xenomórfica. A articulação entre os cristais se dá de forma irregular, com arranjo intergranular. Os plagioclásios de forma angulosa são típicos de resfriamento rápido. Os fenocristais de plagioclásio e os piroxênios apresentam bordas de alteração. Os clinopiroxênios foram identificados como variando de egerina-augita a titano-augita, como observado na Figura 10 A, B, C.

Basaltos como diques cortando o gnaisse, composto por matriz afanítica, composta de aegeria-augita alterando para clorita, olivinas e ripas de plagioclásio, são descritos por Morais (2005), Figura 10 D.

Não foram observados olivinas nas lâminas analisada, porém não se descarta esta descrição. Ainda sim devido a textura descrita e os minerais observados a rocha ainda pode ser classificada como um basalto. Utilizando o tetraedro basáltico (Yoder & Tilley, 1972), classificou-se como um olivina toleíta.

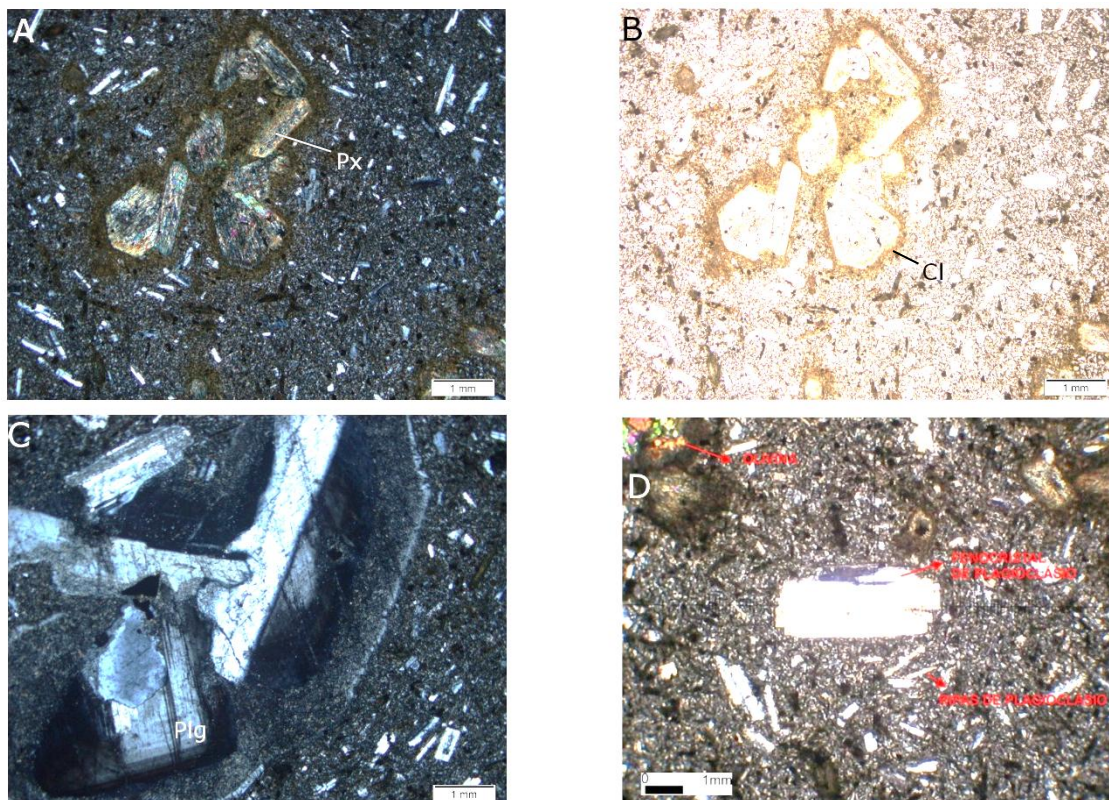


Figura 10 - (A) e (B) Fotomicrografia dos basaltos onde podem ser observados clots de titano-augita, sofrendo cloritização, clorita (Cl), a relação dos plagioclásios dispersos na matriz de diferentes tamanhos, porém a maioria ripforme, e matriz afanítica, nicóis cruzados e paralelos, respectivamente. (C) Fotomicrografia, onde observa-se a variação dos tamanhos de plagioclásios e suas bordas indicando resfriamento rápido. (D) Fenocristal de plagioclásio em matriz afanítica, fotomicrografia de Morais (2005).

9 Conclusão

O processamento de dados sensor remoto e da aeromagnetometria foi possível fazer a correlação entre as estruturas lineares de superfície e subsuperfície. Onde obteve-se a confirmação em maior detalhe das fases de reativação de estruturas dúcteis afetando a bacia de forma rúptil. Foi diagnosticada nesta porção menor da Sub-Bacia Olinda um esforço compressivo maior WNW-ESE, com resposta em estruturas ENE-WSW, outra fase com um esforço compressivo N-W com respostas em estruturas E-W, e ainda uma possível fase onde houve um esforço compressivo ENE-WNW, de mesma intensidade que o primeiro citado. A utilização de um mapa litogeofísico intensificou locais para a melhora de mapeamentos e novas perspectivas na exploração geológica. Assim como o filtro de redução ao pólo aplicado à aeromagnetometria que foi essencial para o mapeamento dos diques de dacito pórfiro.

Observa-se que a direção dos diques de dacito pórfiro e diabásio são coincidentes com a direção de *trends* de estruturas lineares tanto da bacia quanto do embasamento. Fazendo parte da fase de compressão ENE-WSW, com o *sigma* 3 na vertical *sigma* 2 na direção WNW-ESE. Enquanto que

os basaltos fizeram parte de uma outra fase de compressão N-W, também observada nos diagramas de roseta.

A partir dos dados obtidos e das interpretações feitas são possíveis algumas interpretações relacionadas:

1) Os dacitos pórfiros podem ser relacionados a algum vulcanismo na forma de diques (de direção NE-SW), que se formou pela mistura de um magma onde já haviam sido cristalizados os fenocristais, provavelmente mais profundo, com outro magma mais máfico. Quando misturados terminaram de cristalar-se na superfície ou muito próximo a mesma, de idade Jurássica, devido estarem sotopostos aos ortognaisses infracrustais e não ter sido observadas relações estratigráficas com a bacia sedimentar. Os diques teriam utilizado a fraqueza das zonas de cisalhamento para se instalarem. Neste caso os diabásios seriam diques sin a tardi contemporâneos aos dacitos e os basaltos seriam tardi-contemporâneos, já que são diques em na direção E-W.

2) A presença dos dacitos pórfiros, diabásio, basaltos, também podem ser associadas a abertura da BPb. Já que estes corpos estão associados as zonas de cisalhamento e as principais estruturas lineares da Bacia Paraíba. Logo não seria possível a observação da relação estratigráfica com a Formação Beberibe que tem idade Neo-Campaniano (83,6 Ma.a) e o vulcanismo seria de idade Albiana (103 Ma.), idade da Suíte Magmática Ipojuca. Onde os dacitos pórfiros seriam correlacionados aos traquitos e traque-andesitos, os basaltos e diabásios relacionados a um magma mais máfico, identificando um magmatismo bimodal.

3) Ainda tem-se a hipótese de os dacitos pórfiros serem de idade Neoproterozóica e os diabásios e basaltos serem um vulcanismo mais recente no Terreno Rio Capibaribe.

Porém o presente artigo trata-se apenas de uma caracterização, para uma idéia da gênese destes corpos e a proposta de uma suíte extrusiva ou sub-vulcânica na Bacia Paraíba seriam interessante análises geoquímicas, geocronologia e química mineral. Mais detalhadamente a datação dos dacitos pórfiros por alanita, epidoto ou feldspato alcalino e os diabásios por apatita.

Com o mapeamento destes corpos ígneos foram integrados ao mapa mais atual da área que trata-se da Folha Rio Capibaribe e da Folha Itamaracá. (Anexo I).

10 Agradecimentos

Agradecemos primeiramente a Fundação de Comissão de Aperfeiçoamento Pessoal do Nível Superior (CAPES), a Agência Nacional de Petróleo (ANP) no nome do Programa de Recursos Humanos 26 (PRH-26) e a Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia de Pernambuco (FACEPE), todas pelos auxílios financeiros prestados ao projeto, ao Laboratório de Geologia

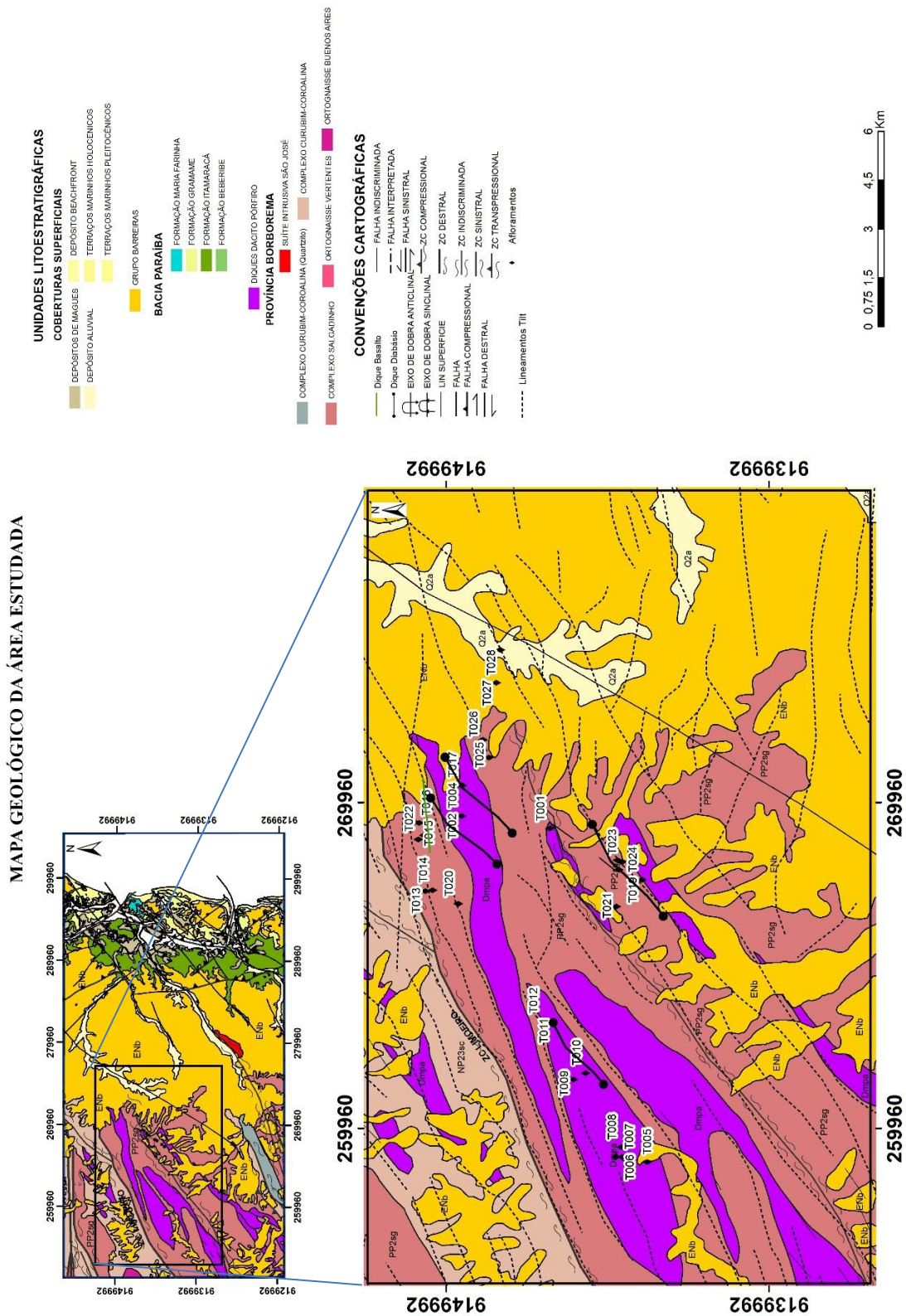
Sedimentar e Ambiental da UFPE (LAGESE-UFPE), a CPRM por ter cedido os dados aerogeofísicos e ao Programa de Pós Graduação em Geociências da UFPE.

11 Referências

- Azevedo, R.L.M., 2004. Paleoceanografia e a evolução do Atlântico Sul no Albiano. *Boletim de Geociências Petrobras*, 12(2): 231-249.
- Barbosa, J. 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: III CONGRESSO BRASILEIRO DE P&D EM PETRÓLEO E GÁS, Salvador, 2005, Resumo expandido. Salvador, 2005, p. 10-16.
- Barbosa, J.A. 2004. Evolução da Bacia da Paraíba durante o Maastrichtiano-Paleoceno: formações Gramame e Maria Farinha, NE do Brasil. Programa de Pós Graduação em Geociências, Universidade Federal de Pernambuco. Dissertação de Mestrado, 230 p.
- Barbosa, J.A. 2007. A deposição carbonática na faixa costeira Recife-Natal: aspectos estratigráficos, geoquímicos e paleontológicos. Programa de Pós Graduação em Geociências, Universidade Federal de Pernambuco Tese de Doutorado, 114p.
- 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, Rio de Janeiro, 2008. *Boletim de Trabalhos Técnicos*, p. 1-8.
- Beurlen, K. 1967a. Estratigrafia da faixa sedimentar costeira Recife-João Pessoa. *Boletim da Sociedade Brasileira de Geologia*, 16(1): 43-53
- Beurlen, K., 1967b. Paleontologia da faixa sedimentar costeira Recife-João Pessoa. *Boletim de Geologia da Universidade Estadual de São Paulo*, 16: 73-79.
- Bezerra, F.H.R., do Nascimento, A.F., Ferreira, J.M., Nogueira, F.C., Fuck, R.A., Brito Neves, B.B., and Sousa, M.O.L., 2011, Review of active faults in the Borborema Province, intraplate South America—Integration of seismological and paleoseismological data: Tectonophysics, 510, p. 269-290.
- Bezerra, F.H.R., Rosseti, D.F., Oliveira, R.G., Medeiros, W.E., Neves, B.B. Brito, Balsamo, F., Nogueira, F.C.C., Dantas, E.L., Andrades Filho, C., Góes, A.M. 2014. Neotectonic reactivation of shear zones and implications for faulting style and geometry in the continental margin of NE Brazil. *Tectonophysics*, 614: 78-90.
- Bezerra, F.H.R., Takeya, M.K., Sousa, M.O.L., Nascimento, A.F., 2007. Coseismic reactivation of the Samambaia fault. *Tectonophysics* 430, 27-39.
- Brito Neves, B.B., Mantovani, M.S.M., Moraes, C.F. de, Sigolo, J.B. 2008 As anomalias geológicas e geofísicas localizadas ao norte de Itapororoca (PB), Folha Guarabira, *Revista Brasileira de Geociências*, 38(1): 01 – 23.
- Bueno, G. V., 2004. Diacronismo de eventos no rifte Sul-Atlântico. *Boletim de Geociências da Petrobras*, 12: 203-229
- Castro, D.L., Bezerra, F.H.R., Castelo Branco, R.M.G., 2008. Geophysical evidence of crustal-heterogeneity control of fault growth in the Neocomian Iguatu Basin, NE Brazil. *Journal of South American Earth Sciences* 26: 271-285
- Dantas J.R.A. 1980. Mapa geológico do Estado de Pernambuco. DNPM, Brasília, 112p.
- Dickson, B. L., Scott, K. M. 1997. Interpretation of aerial gamma-raysurveys – adding the geochemical factors. *AGSO Journal of Australia Geology and Geophysics*, 17 (2): 187-200.
- Feijó, F. P. 1994. Bacia Pernambuco-Paraíba. *Boletim de Geociências da Petrobrás*. Petrobrás, 8(1): 143 – 148.
- França, R. H. M., Ferreira, V. P., Bezerra, J. P. S., Bionda, V. R. 2016. Contribuição da gamaespectrometria ao estudo da geologia do Batólito Águas Belas – Canindé: Região anorte de Santana do Ipanema, Alagoas. *Estudos Geológicos*. 26 (1): 38 - 50
- Kegel, W. 1953. Contribuição para o estudo do Devoniano da Bacia do Parnaíba. 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, p. 54. (Publicação Interna, 157).
- Keller, E.A. & Pinter, N. 1996 – *Active Tectonics: earthquakes, uplift and landscape*. New Jersey, Prentice Hall, 338p.
- Kirkpatrick, J.D., Bezerra, F.H.R., Shipton, Z.K., do Nascimento, A.F., Pytharouli, S.I., Lunn, R.J., Soden, A.M., 2013. Scale-dependent influence of pre-existing basement shear zones on rift faulting: a case study from northeast Brazil. *J. Geol. Soc.* 170: 237-247.
- Küchle, J., 2010. Análise tectono-estratigráfica de bacias rifte. Programa de Pós Graduação em Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Tese de Doutorado 186p.
- Lima Filho, M.F. 1998. Análise Estrutural e Estratigráfica da Bacia Pernambuco. Programa de Pós Graduação em Geologia. Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, Tese de Doutorado, 139 p.
- 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*, Curitiba, 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. *Revista de Geociências*, 25 (1): 117-126.
- 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. & Alheiros, M.M. 1993. Evolution of the Pernambuco-Paraíba-Rio Grande do Norte Basin and the problem of the South Atlantic connection. *Geologie en Mijnbouw*, Kluwer Academic Publishers. 71:351-362
- 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 Special Publication*, 153: 55-73.
- Matos, R.M.D., 1992. The Northeastern Brazilian rift systems. *Tectonics* 11: 766-791.
- Matos, R.M.D., 2000. Tectonic evolution of the equatorial South Atlantic. *Atlantic Rifts and Continental Margins*: In: Mohriak, W., Talwani, M. (Eds.), *Geophysical Monograph*, 115: 331-354
- Medeiros V.C. 2004. Evolução geodinâmica e condicionamento estrutural dos Terrenos Piancó-Alto Brígida e Alto Pajeú, domínio estrutural da zona transversal, NE do Brasil., Programa de Pós-Graduação em Geodinâmica e Geofísica, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Tese de Doutorado, 199 p.
- Moraes D.M.F., 2005. Geologia da porção central da Sub-bacia de Olinda, Bacia da Paraíba. Centro de Tecnologia e Geociências, Universidade Federal de Pernambuco. Recife. Monografia de graduação, 55 p.
- 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. Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Tese de Doutorado, 235 p.
- Nóbrega, M.A., Sá, J.M., Bezerra, F.H.R., Hadler Neto, J.C., Iunes, P.J., Guedes, S., Tello Saenz, C.A., Hackspacher, P.C., Lima-Filho, F.P., 2005. The use of apatite fission track thermochronology to constrain fault movement and sedimentary basin evolution in northeastern Brazil. *Radiation Measurements* 39: 627-633.
- Oliveira M.M.F. 1978. Estudos faciológicos da Formação Maria Farinha. Pós-Graduação em Geociências, Universidade Federal de Pernambuco, Dissertação de Mestrado, 113p.
- Oliveira P.E. & Ramos J.R.A. 1956. Geologia das quadriculas de Recife e Ponta das Pedras. Rio de Janeiro, DNPM, RJ. 59p. (Publicação Interna).
- 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 411 p.
- Pollard, D.D.; Delaney, P.T.; Duffield, D.A.; Endo, E.T. and Okamura, A.T., 1983. Surface deformation in volcanic rift zones. *Tectonophysics*, 94:541-584.
- 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. *Revista 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., Fernandes P. R., Pereira C. S., Brito M. F. L., Domingos N. R. R., Silva E. P., Oliveira R. G., Araújo J. M. F., Dantas C. E. O., Silva R. C. 2016. Carta Geológica Preliminar Projeto Rio Capibaribe 1:250.000. In: Programa Geologia do Brasil Projeto Rio Capibaribe. Estados de Pernambuco e Paraíba. Recife, Pernambuco
- 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.
- Streckeisen A.L. 1976. To each plutonic rock its proper name. *Earth Science Reviews*, 12: 1-33.
- Streckeisen A.L. 1979. Classification and nomenclature of volcanic rocks, lamprophyres, carbonatites and melilitic rocks. *Geologisches Rundschau*, 69: 194-207.
- 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 147 p.
- Topan, J. G. O. & Lima Filho, M. F. Estudo Aeromagnetométrico e Morfotectônico da Sub-Bacia Olinda, Bacia Paraíba, e do Embasamento Adjacente. *Anuário do Instituto de Geociências – UFRJ*, 40 (3): 281-293
- Valença, L.M. 2014. Folha Itamaracá SB.25-Y-C-VI, 1:100.000. In: Programa Geologia do Brasil, Contrato CPRM-UFPE-FADE N° 060/PR/08. 2014.
- Vila Nova, F. 2005. Mapeamento geológico e estrutural da porção sul da Sub-bacia Olinda, Bacia da Paraíba. Relatório de Graduação. Recife, Departamento de Geologia, Universidade Federal de Pernambuco, 55p.

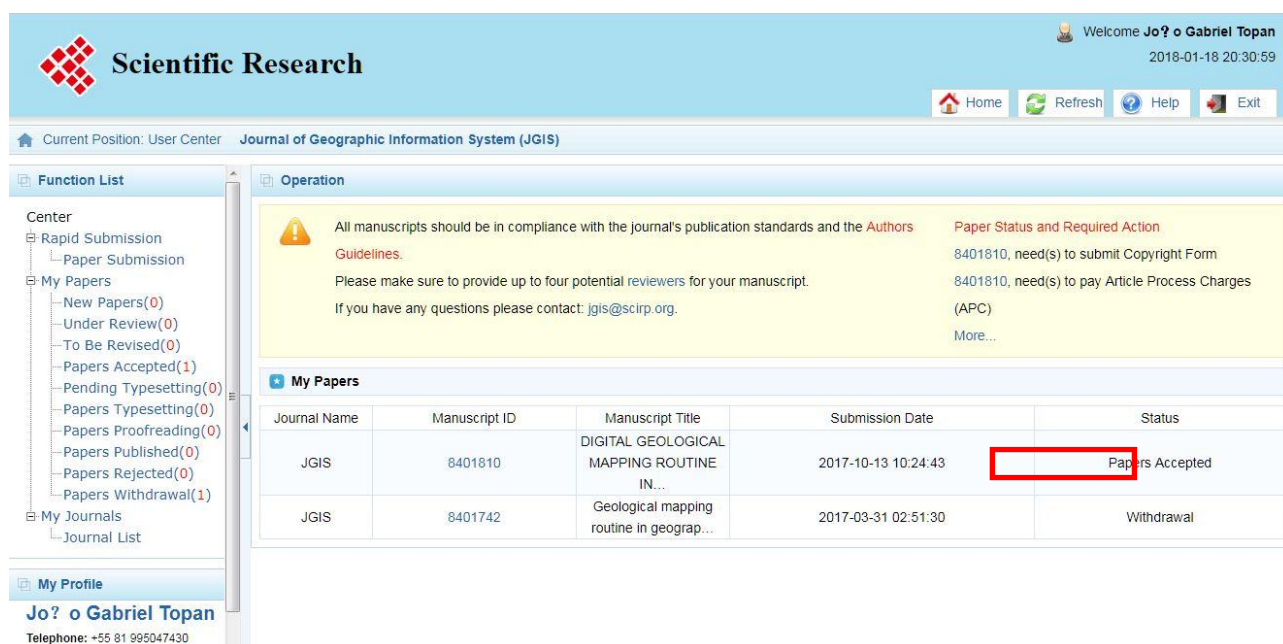
- White, R.; McKenzie, D.P., 1989. Magmatism at rift zones: the generation of volcanic continental margins and flood basalts. *Journal of Geophysical Research*, 94: 7685-7729.
- Yoder, H.S. & Tilley, C.E. 1962. Origin of basalt magmas; an experimental study of natural and synthetic rock systems. *Journal of Petrology* 3(3): 342-529.



Anexo 1 - Mapa geológico compilado e modificado de Santos *et al* 2016 e Valença *et al* 2014, na escala 1:400.000. Ampliado o mapa no qual a dissertação colaborou para melhor entendimento da Sub-Bacia Olinda.

3.3 ARTIGO 3 - DIGITAL GEOLOGICAL MAPPING ROUTINE IN GEOGRAPHIC DATABASE: AN EXAMPLE OF THE MAP OF NORTH PERNAMBUCO BASIN AND SOUTH BASIN PARAÍBA, NE BRAZIL

O artigo em questão foi intitulado “DIGITAL GEOLOGICAL MAPPING ROUTINE IN GEOGRAPHIC DATABASE: AN EXAMPLE OF THE MAP OF NORTH PERNAMBUCO BASIN AND SOUTH BASIN PARAÍBA, NE BRAZIL” sendo submetido e aceito, para a publicação no periódico “Journal of Geographic Information System (JGIS)”.



Scientific Research

Welcome Jo? o Gabriel Topan
2018-01-18 20:30:59

Home Refresh Help Exit

Current Position: User Center Journal of Geographic Information System (JGIS)

Function List

- Center
 - Rapid Submission
 - Paper Submission
 - My Papers
 - New Papers(0)
 - Under Review(0)
 - To Be Revised(0)
 - Papers Accepted(1)
 - Pending Typesetting(0)
 - Papers Typesetting(0)
 - Papers Proofreading(0)
 - Papers Published(0)
 - Papers Rejected(0)
 - Papers Withdrawal(1)
 - My Journals
 - Journal List

My Profile

Jo? o Gabriel Topan
Telephone: +55 81 995047430

Operation

All manuscripts should be in compliance with the journal's publication standards and the Authors Guidelines. Please make sure to provide up to four potential reviewers for your manuscript. If you have any questions please contact: jgis@scirp.org.

Paper Status and Required Action

8401810, need(s) to submit Copyright Form
8401810, need(s) to pay Article Process Charges (APC)
More...

My Papers

Journal Name	Manuscript ID	Manuscript Title	Submission Date	Status
JGIS	8401810	DIGITAL GEOLOGICAL MAPPING ROUTINE IN...	2017-10-13 10:24:43	Papers Accepted
JGIS	8401742	Geological mapping routine in geograp...	2017-03-31 02:51:30	Withdrawal

DIGITAL GEOLOGICAL MAPPING ROUTINE IN GEOGRAPHIC DATABASE: AN EXAMPLE OF THE MAP OF NORTHPERNAMBUCOBASIN AND SOUTH BASIN PARAÍBA, NEBRAZIL

João Gabriel de Oliveira Topan¹

Henrique Llacer Roig²

Mário Lima Filho¹

¹(PPGEOC-UFPE) Program

Postgraduate degree in Geosciences

Federal University of Pernambuco

² Institute of Geosciences,

University of Brasilia

Abstract

Geological mapping routine in geographic database: An example of the map of the Northern and Southern Paraíba Pernambuco Basin Basin, Brazil NE.

Geological maps of the NE region of Brazil exist in different scales and interpretations. When it occurs in highly populated places this fact is more strongly. As a first step for the researchers and users of the Geology have a uniform work, this paper proposes a methodology in a geographic information system environment, the ArcMap 10.3. The methodology involves the creation and structuring of a simple geographic database, using of SRTM images as an aid in geological mapping, and a work routine for digital geological mapping, which avoids the constant topological errors found in geological maps currently produced in Brazil. This manuscript is the beginning of a larger project that aims to understand the tectonic and stratigraphic evolution of the Southern region of the Paraíba Basin and North of the Pernambuco Basin and its relations with the basement adjacent, and consequently the making of the map presented and its stratigraphic relations that gives a overview of the area.

Keywords: GIS, Geographical database, Geological map, Pernambuco Basin, and Paraíba Basin

INTRODUCTION

Organizations invest millions in research to generate relevant results, but do not practice the policy to ensure that the original data collected for different purposes. They are stored in a single database, enabling the maintenance of its integrity and shared access for different groups of research, over time (Souza et al., 2009), with the prospect of implementing a work routine, data collection, sharing and geological data access of Pernambuco's coastal zone.

The use of databases for geological studies began in the late 1960s, consolidating in the next two decades with the establishment of geographic information and database management systems. The evolution of the database use occurred as new methods and techniques have been incorporated into the specific demands involved in each project (Zuquette, 1987).

The key elements related to the banks of geological and geotechnical data, according to their technical and purposes are: data from various sources arising from testing and geological and geotechnical descriptions, use software or programming languages able to incorporate and correlate geological and geotechnical data in digital media, in addition to facilitating the organization, storage and visualization of data. The link to Geographic Information Systems (GIS) optimize handling and data analysis responding to the most possible diverse demands, while the application of the data can be performed in an integrated and dynamic way. Therefore, it is characterized by speed and reliability of data inputs and outputs, enabling the generation of results with greater speed and efficiency (Bastos and Zuquette 2005).

The area of study is situated in the zone between 25 S UTM coordinates 245000E 300000 E and the 906000S 941700S, limited to Southern Paraíba Basin and North Pernambuco Basin. The region is located in the coastal zone of the State of Pernambuco, NE Brazil (Figure). The Pernambuco Basin is limited on the North by renowned Pernambuco Lineament and South by the Host of Maragogi. The Paraíba Basin is limited to South by Pernambuco Lineament and to North by the Host of Mamanguape. The geology of the area is still composed of the foundation grounds Rio Capibaribe (TRC) and Pernambuco - Alagoas (TPA).

Geologically the area are lithological units from the Paleoproterozoic, basement terrain, Neoproterozoic, like the intrusive suites, Paleozoic dykes, Cretaceous sediments, including the Cretaceous - Paleogene limit represented in the area by contact between F. Gramame and F. Maria Farinha respectively, to the Quaternary, eg alluvial deposits.

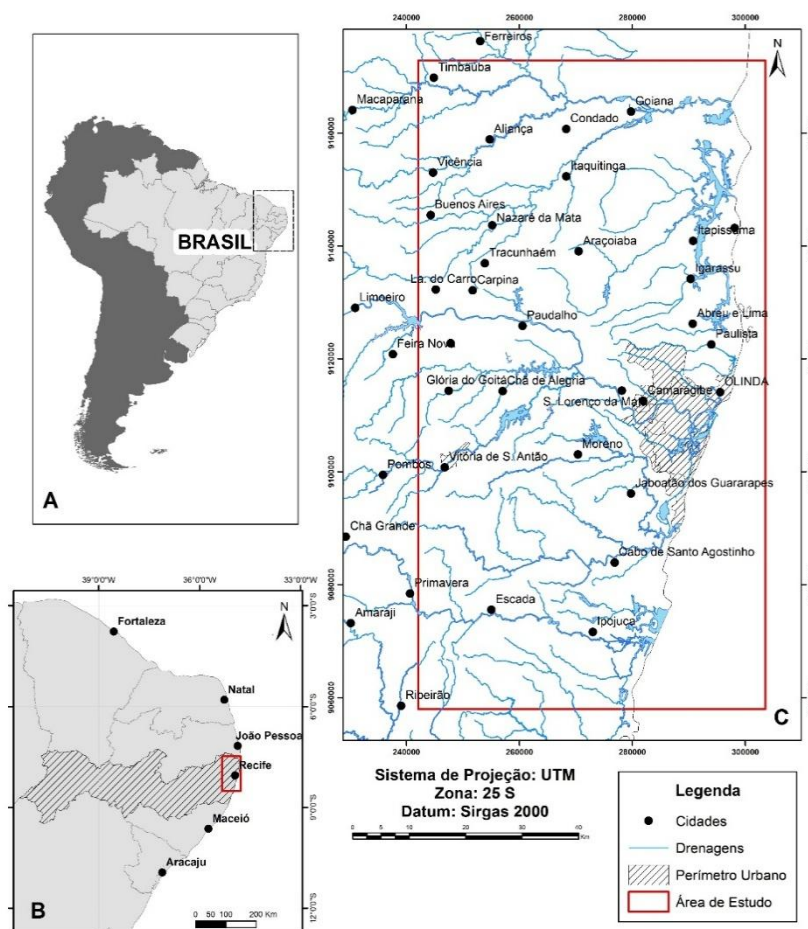


Figure 1 - Location map of the study area. (A) Map of South America with emphasis on the Eastern end of the Continent. (B) Map of some States of the Brazilian NE, especially in the study area. (C) Basemap of study area.

The work aims describe the work routine has been developed during the course of Supervised Stage I. It was widespread and tested together with the students of the discipline during the years of 2012 and 2013. With the complete routine and without problems it was applied in Geological Mapping discipline and in Final Work discipline, all of them underGraduate Degree in Geology from the University of Brasilia. So due because the large amount of data, the little time, the need for integration and work in GIS environment routine have been applied and further developed during the Master Degree of the first author of this work. The routine proposed here was investigated in several jobs unsuccessfully to find something close to what becomes the digital mapping program developed here. The application of a single, simplified data pack, as a means of data storage and sharing is the second objective of the work proposed here. The elaboration of a geological map of the region, as there are some geological maps of the area but on different scales and with different interpretations, is the main objective of the work presented here.

METHODS

To achieve the project objective were made bibliographic surveys for prepare a compiled geological map of the studied area on the largest possible scale - 1: 100,000, and in the metropolitan Recife area was used the scale of 1: 50,000 with the compilation and some adjustments leaves mapped by CPRM (Brazilian Geologic Service) in geobank.cprm.gov.br, Coqueiral Project, dissertations and articles. It was made lithology contacts adjustments and confirmation of structures using SRTM shaded relief. The whole process has created a work routine that can be applied to any mapping using ArcMap software 10.3 (trial version). The routine flow chart can be seen in Figure .

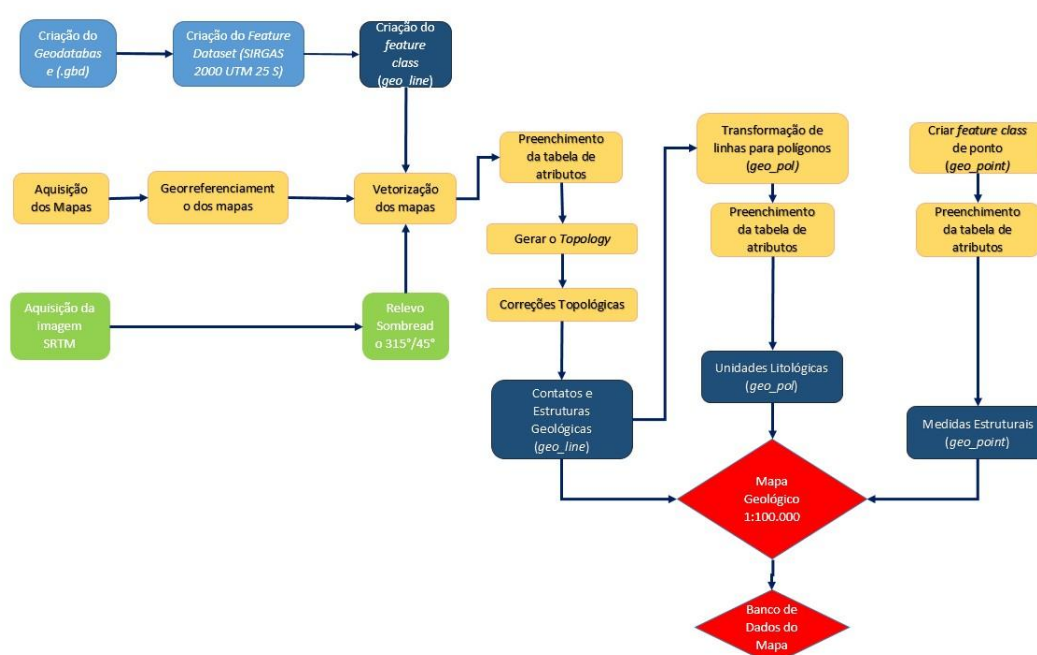


Figure 2 - Flowchart of routine work for the preparation of the Geological Map compiled North of Pernambuco Basin and South Basin Paraíba.

WORK ROUTINE

The initialization of work routine begins with the acquisition of maps that will be compiled in .tiff format or even scanning of a paper map in .tiff format. The Geological Map of Southern Paraíba Basin and Northern Pernambuco Basin covers the Itamaracá topographic sheet, the Northern Recife topographic sheet, and the Eastern of the Limoeiro and Vitória de Santo Antão topographic sheets. This map was made in GIS, ArcMap 10.3 software, ESRI family, with the compilation of CPRM map with UFPE of Itamaracá geological sheet (Valencia et al, 2015), preliminary Rio Capibaribe geological map by CPRM (Santos et al, 2016), geodiversity map of the

state of Pernambuco (CPRM, 2012), map of the Metropolitan Region of Recife (RMR), (Cary et al., 2015), and the 1998' Lima Filho map.

The acquisition of the remote sensor to be used in background. In this case, the sensor used was a Digital Elevation Model (DEM) of the SRTM mission (*Shuttle Radar Topographic Mission*) resolution of 30 meters / pixel, found on the site *earthexplorer.usgs.gov*. The processing of shaded relief in 315° azimuth of the sun, elevation angle of the sun of 45 °, and vertical three times exaggerated normal image because in the area exist several NE-SW, NW-SE, NS and EW structures, which are highlighted by this angle of 315 °.

The creation of the Geodatabase (.gdb), or geographic database is simple using the software. Within the Geodatabase creates a Feature Dataset entering the spatial references. In the case was used as reference the Universal Transverse Mercator (UTM), Zone 25 South, the in the datum SIRGAS 2000. This is the Brazil official datum, according to Statistic and Geography Brazilian Institute (IBGE). Within the Feature Dataset, named “BaciaPEPA”, is created a Feature Class, in polyline format (named *geo_line*) with the following fields in the attribute table: "CONTATO", "ESTRUTURA", "TIPO" "NOME" and "GRAU" (portuguese translation to contact, structure, type, name and grade, respectively), all in the format "text".

In the second part of the routine is used “*geo_line*” file to do the vectorization of the maps with the use of shaded relief as background for confirmation of contacts and structures that do not fit. Each line must fill in the Attribute Table, the field "CONTATO" must be filled in with the "CONTATO", if the line referring to a contact on the map, the field "GRAU" must be filled with words "DEFINIDO", "INFERIDO", or "INTERPRETADO". In the case of a structure must fill in the field "ESTRUTURA" with the word "ESTRUTURA". If the structure is a contact must fill in the field "CONTATO" with the word "CONTATO", and the field "GRAU" must be completed with the words "DEFINIDO", "INFERIDO", "INTERPRETADO" or "COBERTO"¹. The field "NAME" and "TYPE" are linked to the names of known geological structures, for example the Pernambuco Lineament, and types of geological structures, for example Sinistral Shear Zone, or in portuguese “Zona de Cisalhamento Sinistral”. As the example of Figure 6.

¹ “COBERTO” is the portuguese translation to covered up

Table							
geo_line							
OBJECTID *	SHAPE *	SHAPE_Length	GRAU	TIPO	CONTATO	ESTRUTURA	NOME
4401	Polyline	449,925041	DEFINI	FALHA DESTRAL	CONTATO	ESTRUTURA	<Null>
4402	Polyline	2019,867108	DEFINI	ZC DESTRAL	CONTATO	ESTRUTURA	<Null>
4403	Polyline	247,830979	DEFINI	FALHA DESTRAL	CONTATO	ESTRUTURA	<Null>
4404	Polyline	3349,045509	DEFINI	ZC DESTRAL	CONTATO	ESTRUTURA	<Null>
4424	Polyline	106,824584	DEFINI	FALHA COMPRESSI	CONTATO	ESTRUTURA	<Null>
4425	Polyline	96,540125	DEFINI	FALHA COMPRESSI	CONTATO	ESTRUTURA	<Null>
4428	Polyline	28,08723	DEFINI	FALHA COMPRESSI	CONTATO	ESTRUTURA	<Null>
4429	Polyline	27,511779	DEFINI	FALHA COMPRESSI	CONTATO	ESTRUTURA	<Null>
4434	Polyline	61,588986	DEFINI	FALHA INDISCRIMIN	CONTATO	ESTRUTURA	<Null>
4436	Polyline	595,916627	DEFINI	ZC DESTRAL	CONTATO	ESTRUTURA	<Null>
4474	Polyline	14,225571	DEFINI	FALHA INDISCRIMIN	CONTATO	ESTRUTURA	<Null>
4479	Polyline	8311,620655	DEFINI	ZC COMPRESSI	CONTATO	ESTRUTURA	ZC DE CAUEIRAS
4496	Polyline	131,407897	DEFINI	FALHA INDISCRIMIN	CONTATO	ESTRUTURA	<Null>
4497	Polyline	131,408183	DEFINI	FALHA INDISCRIMIN	CONTATO	ESTRUTURA	<Null>
4528	Polyline	155,938432	DEFINI	FALHA INDISCRIMIN	CONTATO	ESTRUTURA	<Null>
4601	Polyline	2365,757156	DEFINI	FALHA INDISCRIMIN	CONTATO	ESTRUTURA	<Null>
4618	Polyline	55,033105	DEFINI	FALHA INDISCRIMIN	CONTATO	ESTRUTURA	<Null>
4642	Polyline	7474,79925	DEFINI	FALHA INDISCRIMIN	CONTATO	ESTRUTURA	<Null>
1468	Polyline	1218,917223	DEFINI	Dique Basico	<Null>	ESTRUTURA	<Null>
1469	Polyline	1053,116928	DEFINI	Dique Basico	<Null>	ESTRUTURA	<Null>
1470	Polyline	1648,660842	DEFINI	Dique Basico	<Null>	ESTRUTURA	<Null>
1471	Polyline	1210,403223	DEFINI	Dique Basico	<Null>	ESTRUTURA	<Null>
1472	Polyline	1356,286988	DEFINI	Dique Basico	<Null>	ESTRUTURA	<Null>
1473	Polyline	1750,895291	DEFINI	Dique Basico	<Null>	ESTRUTURA	<Null>
1474	Polyline	2133,5148	DEFINI	Dique Basico	<Null>	ESTRUTURA	<Null>
1475	Polyline	1424,82572	DEFINI	Dique Basico	<Null>	ESTRUTURA	<Null>
1476	Polyline	1198,139274	DEFINI	Dique Basico	<Null>	ESTRUTURA	<Null>
1477	Polyline	1665,530144	DEFINI	Dique Basico	<Null>	ESTRUTURA	<Null>
1478	Polyline	812,203206	DEFINI	Dique Basico	<Null>	ESTRUTURA	<Null>
1479	Polyline	2308,96392	DEFINI	Dique Basico	<Null>	ESTRUTURA	<Null>
1481	Polyline	1592,188534	DEFINI	Dique Basico	<Null>	ESTRUTURA	<Null>
1482	Polyline	615,160578	DEFINI	Dique Basico	<Null>	ESTRUTURA	<Null>

Figure 6 - Image attribute table, the ArcMap software 10.3, referring to the lines file (geo_line), this has structure information, grade, type, name and contact, and other generated by the software itself.

For the correction of topological errors, is used the Topology Tool. In this Tool chooses the rules relative to errors of a geological map. In this case, was used th errors: “must not overlap”, “must not intersect”, “must not have dangles”, “must not have pseudo nodes”, must not self-overlap”, “must not self-intersect”, “must be single part”, and “must not intersect” or “touch inner”. (Table 1).

Table 1 - Table referring the topology rules to be used for corrections in the line file (*geo_line*).

Topological rule	Rule Description
<i>Must not overlap</i>	It requires that a line does not overlap another line of the same feature class.
<i>Must not intersect</i>	It requires that a line do not cross other lines of the same feature class, it should be cut.
<i>Must not have dangles</i>	It requires that a line must touch lines from the same class features, closing polygons.
<i>Must not have pseudo nodes</i>	It requires that end points of the lines are connected to a line of the same feature class.
<i>Must not self-overlap</i>	It requires that a line is not overlapedbyitself.
<i>Must not self-intersect</i>	It requires that a line can not cross itself.
<i>Must be single part</i>	It requires that a line has only one part.
<i>Must not intersect or touch inside</i>	It requires that a line of a feature class only touch lines of the same feature class.

With the errors corrected, it must generate the polygons related only to geologic contacts that field "CONTATO" in the table is filled. For this, was used the Feature to Polygon tool, which should be used as the output directory to Feature Dataset created earlier. This tool uses the closed lines file to generate polygons in these places. In this case where was given the name *geo_pol* and attribute table were inserted into the fields "SIGLA", "UNIDADE", "DESCRIÇÃO", "TEMPO", "EPOCA" and "IDADE"². At the end it will be obtained feature class *geo_pol* concerning the geological units.

² "SIGLA" = initials, "UNIDADE" = geological unit, "DESCRIÇÃO" = description, "TEMPO" = time, "EPOCA" = series and "IDADE" = age.

Inside the Feature Dataset must be created a Feature Class point type, in this paper called "geo_point", where the table will be filled with the most representative measures. In the attribute table must create the fields, "TIPO", "MERGULHO" and "CAMADA"³. In the "TIPO" field is filled with the type of point structure (eg. foliation), the "MERGULHO" field is filled with the structure dip angle, and in the "CAMADA" field is filled with the angle relative to the direction of strike line. Following the example of Figure 4.

OBJECTID *	SHAPE *	CAMADA	MERGULHO	TIPO
1	Point	015	40	Foliação
2	Point	015	02	Lineação de Estiramento
3	Point	025	19	Foliação Milonítica
4	Point	340	37	Lineação de Estiramento
5	Point	045	40	Foliação Milonítica
6	Point	240	20	Lineação de Estiramento
7	Point	010	70	Foliação Milonítica
8	Point	190	66	Lineação de Estiramento
9	Point	085	72	Foliação Milonítica
10	Point	240	15	Lineação de Estiramento
11	Point	035	80	Foliação Milonítica
12	Point	255	16	Lineação de Estiramento
13	Point	028	70	Foliação
14	Point	045	50	Foliação

Figure 4 - Image point file attribute table (geo_point) concerning the measures collected in the field or scanned from a map already finalized.

After the symbolization, according to the rules of the CPRM, the geological map is ready.

The same routine should be used for the preparation of the base map. It must contain hydrography, roads, locations and urban perimeter. The hydrography must contain the attribute table fields "NOME"⁵ (the drain of the name if any), "HIERARQUIA" (first, second, third or fourth, in order to define the individual river present basins), and "GRAU" (perennial or intermittent) and "BACIA" (basin to which it belongs). The routes must contain as attribute table fields "NOME" (road name if any) and "TIPO" (if it is duplicated, one-way, paved or dirt road). In the attribute table of the locations must contain the fields "NOME" (the name of the location) and "TIPO" (farm,

³ "MERGULHO" = dip angle, "CAMADA" = angle of strike line

⁵ "NOME" = name, "HIERARQUIA" = hierarchy, "GRAU" = grade, "BACIA" = hidrographic basin, "TIPO" = type, "AREA" = area, "ESTADO" – state.

city, airport etc.). Finally, the urban perimeter feature must contain the fields: "NOME" (city name), "AREA" (size in square kilometers), and "ESTADO" (state to which it belongs).

RESULTS DISCUSSION

This paper provides the first steps of a larger project. It analyzes the tectono-stratigraphy of Paraíba Basin. To the effectiveness and completion of the largest project, it needs first pass through the stage that resulted in the present work. Among the results obtained, there are the shaded relief, the geographical database, and the geological map with its tectonic and stratigraphic relationships.

Shaded relief

Giles and Franklin (1998) state that digital elevation models (DEM) and remote sensing data contain important geomorphological information on the Earth's surface. A DEM grid stores elevation values on a regular grid of points distribution so that the shape of the surface can be characterized. These characterizations, such as slope and curvature of the relief profile, has broad applications in geomorphology (Pike 1993) and hydrological modeling (Moore et al., 1991; Mitasova et al., 1996). The combination of information from a digital elevation model and remote sensing data allows classifying targets present on the surface geomorphologically through automated procedures. These targets are called relief units.

As one of the results is the shaded relief map acquired through SRTM image processing. With this product is possible to identify contacts and structures that were not congruent in the acquired maps, as well as the interpretation of structures that were in different locations or did not exist. It is known that the region has structures in the NE-SW, NW-SE, NS and EW, the ideal processing with $315^\circ / 45^\circ$. (Figura 5)

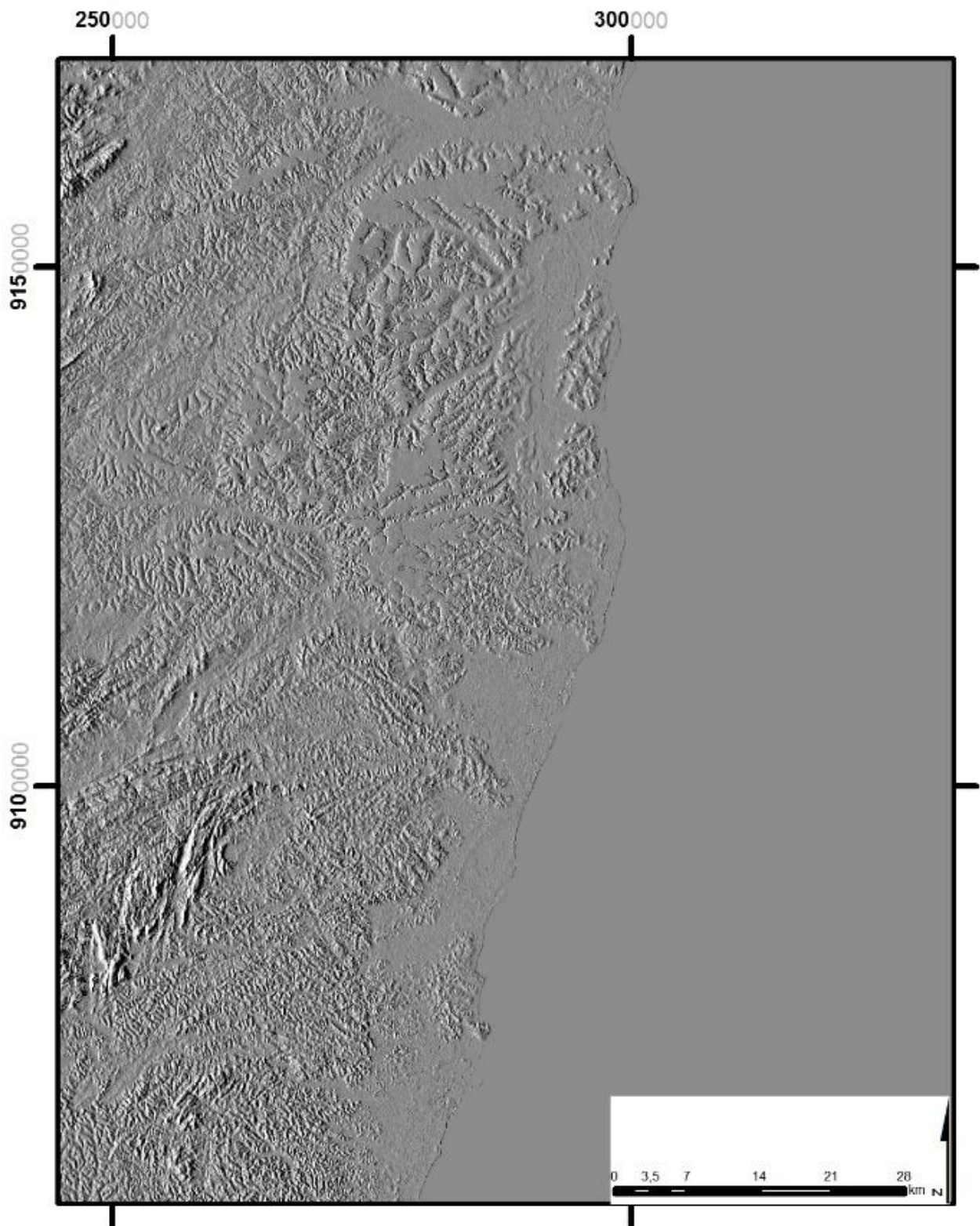


Figure 5 SRTM relief image with shading processing with the sun azimuth direction and height 315 ° angle of 45 °

Geographic database

To better meet the project demand, the creation of a geographic database has been of paramount importance. Through it was stored all data generated from various types, as geophysical and remote sensing data (classified as raster data), contacts, structures, points, hydrology, urban area, cities and roads (classified as shapefiles) for consultation and making maps. As well as use in some important processes for the next phases of the project. It was based on the database in Capillo and Roig 2013, Machado 2015, and Smith 2011, but with necessary adaptations and modifications. The database is structured as shown in Figure 6. So the file "capital_pe_1" it is the polygon that covers the city of Recife, the file "cidade_pe_1" is a file type point of the location of the municipalities of State of Pernambuco, the file "geo_line" is the line type and concerning the lines.

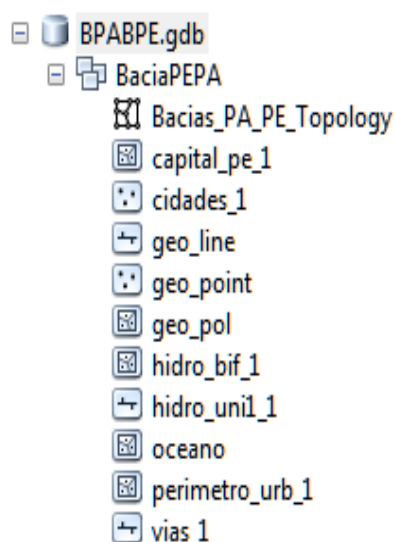


Figure 7 Model of the geographical data generated flock to the North Compiled Map of Pernambuco Basin and South Basin Paraíba

The geographic database systems coupled with GIS, where the stored information have a specific attribute of geographic coordinates (georeferenced data) have the most suitable profile for the implementation of a geological database. The spatial (geographic objects: points, lines and polygons) constitutes an important attribute to the correct management, interpretation and modeling of the stored information (Augusto Filho 2005). A generic design database in GIS can be characterized by two data collection lines by their nature: attributes (text and numbers), and spatial data (geographic objects) (Smith 2011). Thus the geographic objects of this database are: capital, linear structures, geological units etc., spatial data are: the capital names, size, coordinates, types of linear structure, degree of contact

between rock units, etc., for example. Therefore, the spatial data are in the attribute tables for each geographic object.

Geological map

The geological map is the horizontal projection of the intersection of geological entities (bodies, units and / or geological structures - 3D) with the planet's surface (relief), or any other abstract surface, such as a mine, or a future roadblock, in a certain scale. In this context, the main entities that comprise a geological map are: geological units, linear structures and the contact relationships between these elements (Capillo and Roig 2013).

So the geological map was compiled from Lima Filho 1998; Cary et al., 2015; Valencia Santos 2015 and 2016. The adjustments to the contacts and not congruent structures between the maps were resolved using as shaded relief as a background. Following the routine described above, work can get to the Geological Map compiled from northern Pernambuco Basin and South Basin Paraíba. (Figure).

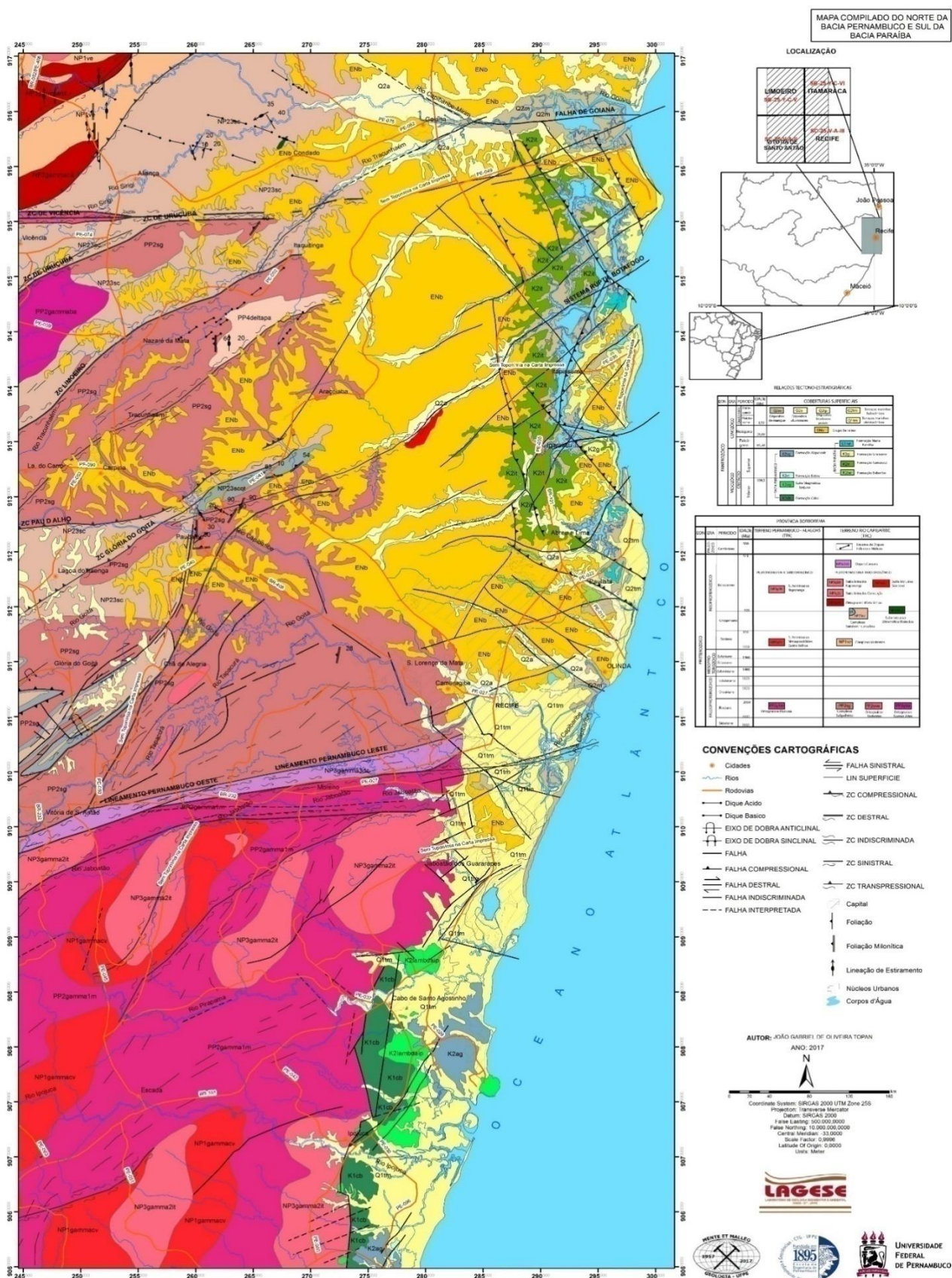


Figure 7 Geological Map compiled from northern Pernambuco Basin and South Basin Paraíba

CONCLUSION

The creation of the described work routine brings to undergraduate courses in geology, geography, geophysics, etc., greater integration with geological mapping software, the reduction of existing topological errors existing in most of the digital geological maps available today in Brazil, and understanding of the geological structures in the evolution of regional and local geology.

The making of the compiled map enabled an overview of the area and its tectono-stratigraphic relationships enabling to continue the project of tectonic-stratigraphic analysis of Paraíba Basin. This project involves analysis of remote sensors, geophysics, wells, geochemical, and geochronological.

The construction of a geographic database allowed the geological data storage initially, but will allow the storage of geophysical data, geochemical, and the data from the other of the aforementioned analysis. The database will support the future works in Sedimentary and Environmental Geology Laboratory of the University Federal de Pernambuco.

Thanks

First we thank the Remote Sensing Laboratory of the University of Brasilia, in the name of Profs. Drs. Tati Almeida and Henrique Llacer Roig, the Sedimentary Geology and Environmental Laboratory (LAGESE) of the Department of Geology of the Federal University of Pernambuco, CAPES and FACEPE financial aid provided to LAGESE, and the Post Graduate Program in Geosciences.

REFERENCES

- Augusto Filho, O. 2005. Implementação de banco de dados geotécnicos como ferramenta adicional nas ações de gestão urbana da URBEL. Relatório Técnico. 14p.
- Bastos, G.; Zuquette, L. V. 2005. Armazenamento, consulta e visualização das informações produzidas no mapeamento geotécnico. Geotecnia Computacional, Belo Horizonte, 5: 67-72.
- Capiollo R.A. e Roig H.L. 2013 Modelagem de Banco de Dados Espacial para Estudos Geológicos, Revista Brasileira de Cartografia. Setembro/Outubro 2013. 65(5):819-829 URL: <<http://www.lsie.unb.br/rbc/index.php/rbc/article/view/709>>. Acesso: 20.02.2017.
- Giles, P.T.; Franklin, S.E. 1998. An automated approach to the classification of the slope units using digital data. Geomorphology, 251-264.
- Guimarães I.P. Gorki. M, Silva J. M. R., Correia P. B., Neves S. P., Cabral A. F., Da Silva F. M. V., Chagas I. T., Miranda T. S., Oliveira S. F., Freire B. S. 2007. Folha Belo Jardim - SC.24-X-B-III, 1:100.000. In: Programa Geologia do Brasil, Contrato CPRM-UFPE Nº 064/PR/05. Pernambuco.

- Machado, F. N. 2015. Banco de dados geológico-geotécnicos aplicado a escavações subterrâneas: implementação no túnel de adução da central hidrelétrica Chaglla, Peru. Monografia, Setor de Ciências da Terra. UFPR. 52p.
- Mitasova, H., Hofierka, J., Zlocha, M., Iverson, L.R., 1996. Modelling topographic potential for erosion and deposition using GIS. *Int. J. Geog. Inf. Syst.* 10: 629-641.
- Moore, I.D., Grayson, R.B., Ladson, A.R., 1991. Digital terrain modelling: A review of hydrological, geomorphological, and biological applications. *Hydrol. Process.* 5, 3-30.
- Pike, R.J., 1993. A Bibliography of Geomorphometry. U.S. Geol. Surv. Open-File Rep. 93 (262-A): 132.
- Santos A.R.dos; Louzada F.L.R.O. Eugênio F.C. 2010. ARCGIS 9.3 total: aplicação para dados espaciais. Alegre-ES: CAUFES. 184 p.
- Santos E.J., Fernandes P. R., Pereira C. S., Brito M. F. L., Domingos N. R. R., Silva E. P., Oliveira R. G., Araújo J. M. F., Dantas C. E. O., Silva R. C. 2016. Carta Geológica Preliminar Projeto Rio Capibaribe 1:250.000. In: Programa Geologia do Brasil Projeto Rio Capibaribe. Estados de Pernambuco e Paraíba. Recife, Pernambuco.
- Soares, W. C. 2011. Banco de dados geológico – geotécnicos com base em sondagens à percussão e uso de sig: análise espacial da profundidade do lençol freático e do Nspt para obras de fundação em João Pessoa – PB. Tese de Doutorado, Programa de Pós Graduação em Geotecnia - USP. 215p.
- Souza, A.F. Barbosa, C.C. Novo, E. M. L. M. Stech, J. L. Arquitetura de um Banco de Dados para Suporte á Integração de Dados de Campo e de Sensoriamento Remoto em Estudos Limnológicos e Meteorológicos. In: Anais XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, p 2349-2355, 2009, Natal, Brasil.
- Valença L.M. 2014. Folha Itamaracá SB.25-Y-C-VI, 1:100.000. In: Programa Geologia do Brasil, Contrato CPRM-UFPE-FADE N° 060/PR/08. 2014. Recife, Pernambuco 2014.
- Zuquette, L. V. 1987. Análise crítica da cartografia geotécnica e proposta metodológica para as condições brasileiras. Tese de Doutorado, Escola de Engenharia de São Carlos - USP. 273p.

4 DISCUSSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS

A Sub-Bacia Olinda, porção sul da Bacia Paraíba, principal objeto de estudo deste trabalho, está limitada a sul pela Z.C. Pernambuco e a norte pela Falha de Goiana. Os resultados apresentados e discutidos nos três artigos sobre a caracterização tectono-estratigráfica da Sub-Bacia Olinda foi possível reunir algumas conclusões em relação aos objetivos propostos:

1) No contexto do norte da Bacia Pernambuco e da Sub-Bacia Olinda, Bacia Paraíba e os terrenos do embasamento adjacente, a interpretação dos dados SRTM pôde-se observar que os *trends* do embasamento de forma geral sofreram um esforço maior NNW-SSE. O quê 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* NNW-SSE está ligado a um possível esforço ENE-WSW. As unidades do embasamento possuem um forte *trend* ENE-WSW. Possivelmente o esforço WNW-ESE foi o mais recente, coincidindo com os *trends* do Lineamento Transbrasiliiano (LTB). Os lineamentos com *trend* WNW-ESE são mais observados nas unidades Paleoproterozóicas, logo trata-se provavelmente de uma cinemática ativa no Paleoproterozóico que não foi reativada. Já os *trends* E-W apresentam-se bem distribuídos nas unidades e grande parte das estruturas principais possuem essa direção. Desta forma, acredita-se na reativação destas estruturas como também as estruturas ENE-WSW.

Tanto ao norte da BPe quanto ao sul da BPb os *trends* ENE-WSW e E-W são relacionados a estruturas dos terrenos do embasamento, reativadas e já conhecidas. A Sub-Bacia Olinda apresenta um *trend* N-S, isso se dá pela atual compressão E-W e movimentações NE-SW e NW-SE que ocorrem atualmente na BPb. Sendo observadas desde a Formação Beberibe até os Sedimentos Quaternários, acredita-se que tais estruturas sofreram reativações até o Pós-Mioceno.

Através da 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 Tejuapapo. O Graben de Itapessoca encontra-se entre a Falha de Tejuapapo (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.

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, no Grabén de Itamaracá. Assinalando que os terrenos de embasamentos estavam em cotas diferentes durante a abertura da bacia, Cretáceo, e sua sedimentação. As subdivisões apresentadas marcam os principais depocentros da Sub-bacia Olinda, sendo eles: o Grabén de Itapessoca, o Grabén de Itamaracá, o Grabén de Igarassu-Olinda e Grabén de Casa Forte.

Estudos estruturais mais detalhados poderão apresentar quais as direções de extensão e compressão da bacia em cada período geológico.

2) Com foco na porção norte da Sub-Bacia Olinda e através do processamento de sensor remoto e aerogeofísica foi possível fazer a correlação entre as estruturas lineares de superfície e subsuperfície. Onde obteve-se a confirmação em maior detalhe das fases de reativação de estruturas dúcteis afetando a bacia de forma rúptil. Foi diagnosticada nesta porção menor da Sub-Bacia Olinda um esforço compressivo maior WNW-ESE, com resposta em estruturas ENE-WSW, outra fase com um esforço compressivo N-W com respostas em estruturas E-W, e ainda uma terceira fase onde houve um esforço compressivo ENE-WNW, de mesma intensidade que o primeiro citado.

A utilização de um mapa litogeofísico intensificou locais para a melhoria de mapeamentos e novas perspectivas na exploração geológica, a diferenciação de regiões dos complexos do embasamento, além do limite embasamento-bacia. O mapa litogeofísico foi dividido em 16 grupos de razões altas médias e baixas dos radio elementos potássio (K), tório (Th) e urânio (U).

Com o filtro de redução ao pólo aplicado à aeromagnetometria foi possível o mapeamento de anomalias de alto valor, após o mapeamento em campo concluiu-se que as anomalias apresentadas pelo processamento de redução ao pólo trata-se dos diques de dacito pórfiro, possibilitando o mapeamento deste litotipo e incluindo em mapas mais recentes da região.

3) Através dos levantamentos bibliográficos foi observado a descrição de rochas sub-vulcânicas na borda da BPb. Através das pesquisas de campo e petrografia foram

caracterizados três litologias diferentes: 1) Diabásio, caracterizado por afloramentos rasteiros em forma de blocos e com tendência NE-SW, petrograficamente apresentando texto sub-ofídica; 2) Dácito pórfiro, caracterizado por bloco métricos, com tendências NE-SW sempre sob o embasamento da região, com fenocristais decamétricos de plagioclásio, fenocristais menores de quartzo e k-feldspato, apresentando bordas de embainhamento, anfibólios e biotitas, matriz afanítica e máfica, indicando uma possível mistura entre magmas; 3) Basalto na forma de diques contendo os ortognaisses, composto de clinopiroxênio, ortopiroxênio e plagioclásio, de granulação fina e hipocristalina.

Dados geoquímicos, preliminares, de elementos maiores e menores indicam que as rochas vulcânicas e subvulcânicas estudadas, utilizando base anídrica, são classificadas segundo o diagrama de TAS (Middlemost, 1994) de composição traque andesítica, Figura 7 A. Na versão do diagrama Zr – TI de Pearce (1982) as amostras demonstram afinidade geoquímica de geração em ambiente intraplaca, Figura 7 B. No contexto de séries magmáticas, as rochas são plotadas no diagrama AFM, Irvine e Baragar (1971), constituem uma associação cálcio-alcálica (Figura 7 C). De acordo com o diagrama de Jensen ($Al \times (Fe^{2+} + Fe^{3+} + Ti) \times Mg$) (Jensen 1976) (Figura 7 D) as rochas são cálcio-alcálicas e variam desde riolitos até basaltos. No diagrama de Meschede (1986), Figura 7 E, parte das amostras estão dentro do campo AII, campo referente a basaltos alcalinos intraplaca, apesar da dispersão as amostras ainda apresentam uma tendência composicional de um ambiente intraplaca.

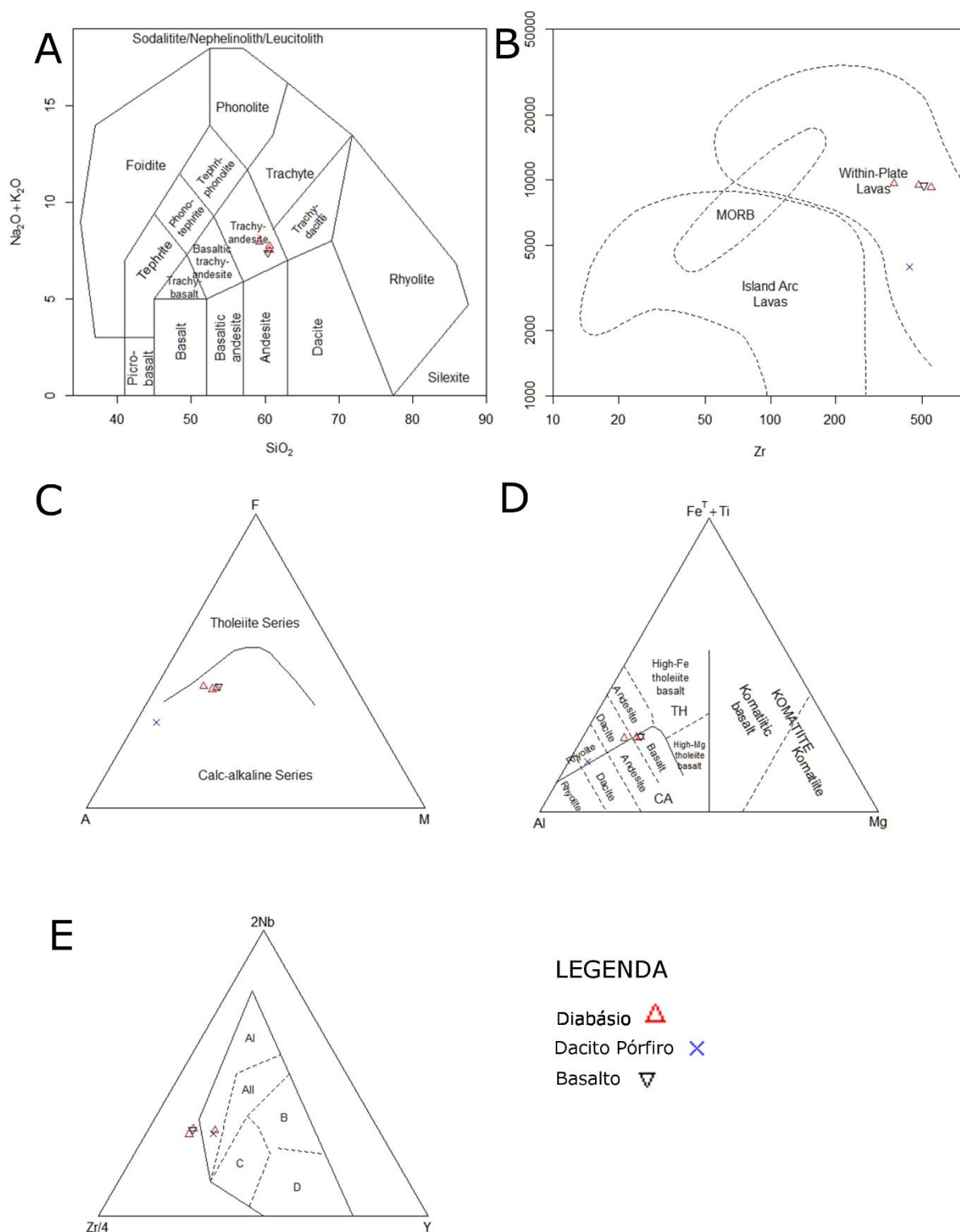


Figura 8 - A) Diagrama classificatório TAS (Total álcalis versus sílica) Middlemost (1994) (B) diagrama Zr – Ti de Pearce (1982) (C) diagrama AFM com campos de Irvine e Baragar (1971); (D) diagrama de Jensen (1976) $Al \times (Fe^{2+} + Fe^{3+} + Ti) \times Mg$; (E) diagrama de Meschede (1986) para algumas poucas amostras das litologias vulcânicas encontradas

Fonte: o autor

A partir dos dados levantados e apresentados, os dacitos pórfiros podem ser relacionados a algum vulcanismo intraplaca na forma de diques (de direção NE-SW), que se formou pela mistura de um magma onde já haviam sido cristalizados os fenocristais, provavelmente mais profundo, com outro magma mais máfico. Quando misturados terminaram de cristalar-se na superfície ou muito próximo à mesma, de provável idade Jurássica, devido as relações estratigráficas. Estes teriam utilizado a fraqueza das zonas de cisalhamento para se alojaram. Neste caso os diabásios seriam diques sin contemporâneos aos dacitos e os basaltos seriam tardi-contemporâneos, já que são diques em na direção E-W, e apresentam-se menos intemperizados e menos fraturados.

Outra hipótese seria que a presença dos dacitos pórfiros, diabásio, basaltos, também podem ser associadas a abertura da BPb. Já que estes corpos estão associados as zonas de cisalhamento e as principais estruturas lineares da Bacia Paraíba. Logo não seria possível a observação da relação estratigráfica com a Formação Beberibe que tem idade Neo-Campaniano (83,6 Ma.a) e o vulcanismo seria de idade Albiana (103 Ma.), cronocorrelato a Suíte Magmática Ipojuca. Onde os dacitos pórfiros seriam correlacionados aos traquitos e traque-andesitos, os basaltos e diabásios relacionados a um magma máfico, identificando um magmatismo bimodal.

A influência da separação tardia das Placas Sul-Americana e Africana causou a diferença no período de deposição da Bacia Paraíba em relação a Bacia Pernambuco. Fato que pode corroborar para a não observação de relações estratigráficas entre os corpos ígneos sub-vulcânicos e os sedimentos da Formação Beberibe.

Porém ainda se faz necessário mais análises geoquímicas de rocha total, litogeoquímica, geocronologia dentre outras para melhor averiguação da gênese e posição estratigráfica dos corpos ígneos supracitados.

4) Para melhor compreensão da área, para futuros estudo e mapeamento geológico foi utilizada uma rotina de mapeamento geológico em banco de dados georreferenciado. Com a qual foi possível integrar os mapas geológicos mais recentes da região do norte da Bacia Pernambuco e sul da Sub-bacia Olinda e as suas correlações tectono-estratigráficas. A descrição da rotina prima pela aplicação em grandes projetos de mapeamento geológico para o fim dos erros topológicos encontrados na maior parte dos mapas geológico no Brasil.

A construção de um banco de dados geográfico permitiu o armazenamento de dados geológicos inicialmente, mas permitirá o armazenamento de dados, geofísicos e dados

geoquímicos da outra análise acima mencionadas. O banco de dados apoiará os trabalhos futuros no Laboratório de Geologia Sedimentar e Ambiental da Universidade Federal de Pernambuco.

REFERÊNCIAS

- Almeida, C.E., Marchon-Silva, V.V., Ribeiro, R., Serpa-Filho, A., Almeida, J.R., and Costa, J., 2000, Entomological fauna from Reserva Biológica do Atoll das Rocas, Rio Grande do Norte, RN, Brazil. I. Morphospecies composition: *Revista Brasileira de Biologia*, v. 60, p. 291–298
- Alves, E.C., and M.P.A. Costa, 1986, Interpretação sismo-estratigráfica da porção norte do platô de Pernambuco e suas possíveis correlações com a Bacia de Pernambuco-Paraíba, in SBG, Congresso Brasileiro de Geologia, 34: Goiânia, Atas, v. 1, p. 286-297.
- Amaral, A. J. R., Menor, E. A., Santos, S. A. 1977. Evolução paleogeográfica da sequência clástica basal da Bacia Sedimentar Costeira Pernambuco- Paraíba. In: VIII SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DO NORDESTE, Campina Grande, 1977. Atas: 6, 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*, p. 43–50. (Série Científica 6).
- Aslanian, D., Moulin, M., Olivet, J.L., Unternehr, P., Matias, L., Bache, F., Rabineau, M., Nouzé, H., Klingelhoefer, F., Contrucci, I., Labails, C., 2009. Brazilian and African passive margins of the Central Segment of the South Atlantic Ocean: Kinematic constraints. *Tectonophysics* 468, 98–112.
- Asmus, H.E., Baisch, P.R. 1983. Geological evolution of the Brazilian continental margin. *Episodes*, 1983(4):3–9
- Asmus, H.E., Porto, R. 1980. Diferenças nos estágios iniciais da evolução da margem continental brasileira: possíveis causas e implicações. In: SBG, Congresso Brasileiro de Geologia, 31, Camboriú–SC, Anais 1:225-239.
- Asmus, H.E., and J.C. Carvalho, 1978, Condicionamento tectônico da sedimentação nas bacias marginais do nordeste do Brasil (Sergipe- Alagoas e Pernambuco-Paraíba). In: Aspectos estruturais da margem continental leste e sudeste do Brasil: Rio de Janeiro, Petrobras/CENPES, p. 7-24. (PROJETO REMAC 4).
- Augusto Filho, O. 2005. Implementação de banco de dados geotécnicos como ferramenta adicional nas ações de gestão urbana da URBEL. Relatório Técnico. 14p.

- Azevedo, R.L.M., 2004. Paleooceanografia e a evolução do Atlântico Sul no Albiano. *Boletim de Geociências Petrobras*, 12 (2): 231-249.
- Barbosa, J.A., & Lima Filho, M.F. 2006. Aspectos estruturais e estratigráficos da faixa costeira Recife-Natal: observações em dados de poços. *Boletim de Geociências da Petrobras*, (14)1: p. 287-306
- Barbosa, J.A., Maia, M.F.B., Lima Filho, M., Magalhães, J.R., Correia, O. 2014. Seismic stratigraphy of the onshore portion of Pernambuco Basin: evidence of break-up during Middle Albian for the South Atlantic Rift in Northeast Brazil. In: AAPG Annual Conference and Exhibition, Houston, Search and Discovery Article #30324 (2014)
- Barbosa, J. 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: III CONGRESSO BRASILEIRO DE P&D EM PETRÓLEO E GÁS, Salvador, 2005, Resumo expandido. Salvador, 2005, p. 10-16.
- Barbosa, J.A. 2004. Evolução da Bacia da Paraíba durante o Maastrichtiano-Paleoceno: formações Gramame e Maria Farinha, NE do Brasil. Programa de Pós Graduação em Geociências, Universidade Federal de Pernambuco. Dissertação de Mestrado, 230 p.
- Barbosa, J.A. 2007. A deposição carbonática na faixa costeira Recife-Natal: aspectos estratigráficos, geoquímicos e paleontológicos. Programa de Pós Graduação em Geociências, Universidade Federal de Pernambuco Tese de Doutorado, 107-114p.
- Barbosa, J.A. 2007. A deposição carbonática na faixa costeira Recife-Natal: aspectos estratigráficos, geoquímicos e paleontológicos. Programa de Pós Graduação em Geociências, Universidade Federal de Pernambuco Tese de Doutorado, 114p.
- 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, Rio de Janeiro, 2008. *Boletim de Trabalhos Técnicos*, p. 1-8.
- Bastos, G.; Zuquette, L. V. 2005. Armazenamento, consulta e visualização das informações produzidas no mapeamento geotécnico. *Geotecnia Computacional*, Belo Horizonte, 5: 67-72.

- Beurlen, K. 1967a. Estratigrafia da faixa sedimentar costeira Recife-João Pessoa. *Boletim da Sociedade Brasileira de Geologia*, 16(1): 43-53
- Beurlen, K., 1967b. Paleontologia da faixa sedimentar costeira Recife-João Pessoa. *Boletim de Geologia da Universidade Estadual de São Paulo*, 16: 73–79.
- 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. *Revista Geomorphology*, 1: 555-582.
- Bezerra, F. H. R.; Lima Filho, F. P.; Amaral, R. F.; Caldas, L. H. O.; Costa Neto, L. X. Holocene coastal tectonics in NE Brazil. In: Stewartt, I. S.; Vita-Finzi, C. 1998. In: *Coastal Tectonics*. London, Geological Society of London, p. 279-293. (Publicação Especial 146).
- Bezerra, F.H.R., do Nascimento, A.F., Ferreira, J.M., Nogueira, F.C., Fuck, R.A., Brito Neves, B.B., and Sousa, M.O.L., 2011, Review of active faults in the Borborema Province, intraplate South America—Integration of seismological and paleoseismological data: *Tectonophysics*, 510, p. 269–290.
- Bezerra, F.H.R., Rosseti, D.F., Oliveira, R.G., Medeiros, W.E., Neves, B.B. Brito, Balsamo, F., Nogueira, F.C.C., Dantas, E.L., Andrades Filho, C., Góes, A.M. 2014. Neotectonic reactivation of shear zones and implications for faulting style and geometry in the continental margin of NE Brazil. *Tectonophysics*, 614: 78-90.
- Bezerra, F.H.R., Takeya, M.K., Sousa, M.O.L., Nascimento, A.F., 2007. Coseismic reactivation of the Samambaia fault. *Tectonophysics* 430, 27–39.
- Bezerra, F.H.R., Vita-Finzi, C., 2000. How active is a passive margin? Paleoseismicity in northeastern Brazil. *Revista Geology* 28: 591–594.
- Bradley, C. A.; Fernandez, M. N. Early Cretaceous paleogeography of Gabon/Northeastern Brazil. - A tectono-stratigraphic model based on propagating rifts. In: CURNELLE, R. (Ed.) *Géologie Africaine*. Boussens: Elf-Aquitaine, 1992. p. 17-30. (Bulletin des Centres de Recherches Exploration-Production Elf-Aquitaine. Memoire, 13)
- Brito Neves, B.B., Mantovani, M.S.M., Moraes, C.F. de, Sigolo, J.B. 2008 As anomalias geológicas e geofísicas localizadas ao norte de Itapororoca (PB), Folha Guarabira, *Revista Brasileira de Geociências*, 38(1): 01 – 23.

- 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.
- Bueno, G. V., 2004. Diacronismo de eventos no rifte Sul-Atlântico. *Boletim de Geociências da Petrobras*, 12: 203-229
- Cainelli, C., Mohriak, W.U. 1998. Geology of Atlantic Eastern Brazilian basins. 1998. In: AAPG, International Conference & Exhibition Short Course – Brazilian Geology Part II, Rio de Janeiro, Brazil, 67 p. + figures.
- Cainelli, C., Mohriak, W.U. 1999a. General evolution of the eastern Brazilian continental margin. *The Leading Edge*, 18(7): 800-804.
- Capiollo R.A. e Roig H.L. 2013 Modelagem de Banco de Dados Espacial para Estudos Geológicos, *Revista Brasileira de Cartografia*. Setembro/Outubro 2013. **65**(5):819-829 URL: <<http://www.lsie.unb.br/rbc/index.php/rbc/article/view/709>>. Acesso: 20.02.2017.
- Castro, D.L., Bezerra, F.H.R., Castelo Branco, R.M.G., 2008. Geophysical evidence of crustal-heterogeneity control of fault growth in the Neocomian Iguatu Basin, NE Brazil. *Journal of South American Earth Sciences* 26: 271–285
- Chorowicz, J., 2005. The East African rift system. *Journal of African Earth Sciences*, v.43, p.379–410.
- Conceição, J. C. J.; Zalán, P. V.; Wolff, S. Mecanismo, Evolução e Cronologia do Rifte Sul- Atlântico. *Boletim de Geociências da Petrobras*, Rio de Janeiro, v. 2, n. 2/4, p. 255-265, abr./ dez.1988
- Cruz, R. L. 2002 Mapeamento geológico da região de Cabo (PE): Sub-bacia de Pernambuco. Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Programa de Formação em Geologia, Geofísica e Informática no Setor Petróleo & Gás, 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.
- Dantas J.R.A. 1980. Mapa geológico do Estado de Pernambuco. DNPM, Brasília, 112p.
- Davison, I. 1999. Tectonics and hydrocarbon distribution along the Brazilian South Atlantic margin. In: Cameron, N.R., Bate, R.H., Clure, V.S. (eds.). *The oil and gas*

habitats of the South Atlantic, Geological Society [London] Special Publication, 153:133-151.

Davison, I. 2007. Geology and tectonics of the South Atlantic Brazilian salt basins. Geol. Soc. Spec. Pub. 277: 345-359

Dias, J. L. Evolução da fase rift e transição rift/drift nas bacias das margens leste e sudeste do Brasil. In: CONGRESSO INTERNACIONAL SOCIEDADE BRASILEIRA DE GEOFÍSICA, 3., 1993, Rio de Janeiro. Anais..., Rio de Janeiro: Sociedade Brasileira de Geofísica, 1993. v. 2, p. 1328-1332.;

Dias-Brito, D. A. Bacia de Campos no Mesocretáceo: uma contribuição a Paleoceanografia do Atlântico Sul primitivo. Revista Brasileira de Geociências, São Paulo, v. 17, n. 2, p. 162-167, jun. 1987

Dickson, W., Fryklund, R.E., Odegard, M., Green, C.M. 2003. Constraints for plate reconstruction using gravity data-implications for source and reservoir distribution in Brazilian and West African margin basins. Marine and Petroleum Geology, 20: 309-322

Dickson, B. L., Scott, K. M. 1997. Interpretation of aerial gamma-ray surveys – adding the geochemical factors. AGSO Journal of Australia Geology and Geophysics, 17 (2): 187-200.

Erlank, A. J.; Marsh, J. S.; Duncan, A. R.; Miller, R. M.; Hawkesworth, C. J.; Betton, P. J.; Rex, D. C. Geochemistry and petrogenesis of the Etendeka volcanic rocks from SWA/Namibia. Johannesburg: Geological Society of South Africa, 1984. p. 195-245. (Geological Society of South Africa. Special publication, 13

Feijó, F. J. O início da livre circulação das águas do Oceano Atlântico. Boletim de Geociências da Petrobras, Rio de Janeiro, v. 10, n. 1/4, p. 157- 164, 1996.

Feijó, F. P. 1994. Bacia Pernambuco-Paraíba. Boletim de Geociências da Petrobrás. Petrobrás, 8(1): 143 – 148.

Feitosa. E. C. & Feitosa, F. A. C. 1986. Considerações sobre a Bacia Potiguar – Bacia Costeira Pernambuco-Paraíba Departamento de Geologia, Universidade Federal de Pernambuco Série Estudos Geológicos. 8: 71-78.

Fontana, R. L. Geotectônica e sismoestratigrafia da Bacia de Pelotas e Plataforma de Florianópolis. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1996. 2 v. Tese (Doutorado)

França, R. H. M., Ferreira, V. P., Bezerra, J. P. S., Bionda, V. R. 2016. Contribuição da gamaespectrometria ao estudo da geologia do Batólito Águas Belas – Canindé:

Região a norte de Santana do Ipanema, Alagoas. Estudos Geológicos. 26 (1): 38 - 50

Françolin, J. B. L.; Szatmari, P. Mecanismo de rifteamento da porção oriental da margem norte brasileira. Revista Brasileira de Geociências, São Paulo, v. 17, n. 2, p. 196-207, 1987.

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.

Giles, P.T.; Franklin, S.E. 1998. An automated approach to the classification of the slope units using digital data. Geomorphology, 251-264.

Gomes, P.O., 2005, Tectonismo, vulcanismo, sedimentação e processos erosivos no segmento nordeste da margem continental brasileira: Unpublished Doctorate Thesis, Faculdade de Geologia, Universidade Estadual do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 183 p.

Guimarães I.P. Gorki. M, Silva J. M. R., Correia P. B., Neves S. P., Cabral A. F., Da Silva F. M. V., Chagas I. T., Miranda T. S., Oliveira S. F., Freire B. S. 2007. Folha Belo Jardim - SC.24-X-B-III, 1:100.000. In: Programa Geologia do Brasil, Contrato CPRM-UFPE N° 064/PR/05. Pernambuco.

Hinz, K. A hypothesis on terrestrial catastrophes: wedges of very thick oceanward dipping layers beneath passive continental margins. Geologisches jahrbuch, Hannover, v. E22, p. 3-28, 1981

Howell, D. G. 1995. Principles of Terrane Analysis: new applications for Global Tectonics. London, 2nd Ed. Chapman & Hall, 122 p.

Jackson 2000

Irvine, T.N. and BARAGAR, W.P.A. A guide to chemical classification of the common volcanic rocks. Can. J. Earth Sci., v. 8, pp. 523-548. 1971.

Jardim De Sá, E. F. 2003. Projeto Avaliação do Potencial Petrolífero da Bacia Pernambuco-Paraíba. ANP/UFRN/FUNPEC/UFRN. (Relatório Interno).

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. Curitiba, 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, Araxá, SBG, p. 399.
- Jensen L.S. 1976. A new cation plot for classifying subalkalic volcanic rocks. *Ontario Div. Mines., Misc. Pap.*, 66: 22p
- Kegel, W. 1953. Contribuição para o estudo do Devoniano da Bacia do Parnaíba. 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, p. 54. (Publicação Interna, 157).
- Keller, E.A. & Pinter, N. 1996 – Active Tectonics: earthquakes, uplift and landscape. New Jersey, Prentice Hall, 338p.
- Kirkpatrick, J.D., Bezerra, F.H.R., Shipton, Z.K., do Nascimento, A.F., Pytharouli, S.I., Lunn, R.J., Soden, A.M., 2013. Scale-dependent influence of pre-existing basement shear zones on rift faulting: a case study from northeast Brazil. *J. Geol. Soc.* 170: 237–247.
- Knesel, K. M., Souza, Z. S., Vasconcelos, P. M., Cohen, B. E., Silveira, F. V. (2011). Young volcanism in the Borborema Province, NE Brazil, shows no evidence for a trace of the Fernando de Noronha plume on the continent. *Earth and Planetary Science Letters*, 302(1-2), 38-50
- Küchle, J., 2010. Análise tectono-estratigráfica de bacias rifte. Programa de Pós Graduação em Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Tese de Doutorado 186p.
- Lentini, M.R., Fraser, S., Summer, H.S., Davies, R. 2010. Geodynamics of the South Atlantic conjugate margins: implications for hydrocarbon potential. *Petroleum Geosciences*, 16: 217- 229
- Lima Filho, M.F. 1998. Análise Estrutural e Estratigráfica da Bacia Pernambuco. Programa de Pós Graduação em Geologia. Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, Tese de Doutorado. 1998, 139 p
- Lima Filho, M.F.; Barbosa, J.A.; Neumann, V.H.M.L.; Souza, E.M. 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, Curitiba, 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. *Revista de 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. et al., 2016. Neogene Quaternary fault reactivation influences coastal basin sedimentation and landform in the continental margin of NE Brazil. *Quaternary International* (2016): 1–16.
- 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. & Alheiros, M.M. 1993. Evolution of the Pernambuco-Paraíba-Rio Grande do Norte Basin and the problem of the South Atlantic connection. *Geologie en Mijnbouw*, Kluwer Academic Publishers. 71:351-362
- 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.
- Machado, F. N. 2015. Banco de dados geológico-geotécnicos aplicado a escavações subterrâneas: implementação no túnel de adução da central hidrelétrica Chaglla, Peru. Monografia, Setor de Ciências da Terra. UFPR. 52p.
- 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 Special Publication*, 153: 55-73.
- Matos, R.M.D., 1992. The Northeastern Brazilian rift systems. *Tectonics* 11: 766–791.
- Matos, R.M.D., 2000. Tectonic evolution of the equatorial South Atlantic. *Atlantic Rifts and Continental Margins*: In: Mohriak, W., Talwani, M. (Eds.), *Geophysical Monograph*, 115: 331–354
- Medeiros, V.C. 2004. Evolução geodinâmica e condicionamento estrutural dos Terrenos Piancó-Alto Brígida e Alto Pajeú, domínio estrutural da zona transversal, NE do Brasil., Programa de Pós-Graduação em Geodinâmica e Geofísica, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Tese de Doutorado, 199 p.

- 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.
- Mello, S.L.M., Costa, M.P.A., Miranda, C.A., Boa Hora, M.P.P. 1988. Modelagem gravimétrica do limite crosta continental/oceânica na região do Platô de Pernambuco. In: Congresso Brasileiro de Geologia, 35, Belém. Anais, v. 4, 1647-1656
- 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. Campina Grande, SBG-NE, p. 1-27.
- Meschede, M. A method of discriminating between different types of midoceanridge basalts and continental tholeiites with the Nb-Zr-Y diagram. *Chem.Geol.*, 16:207-218. 1986.
- Middlemost E.A.K. 1975. The basalt clan. *Earth Science Review*, 11: 337-364.
- Mitasova, H., Hofierka, J., Zlocha, M., Iverson, L.R., 1996. Modelling topographic potential for erosion and deposition using GIS. *Int. J. Geog. Inf. Syst.* 10: 629-641.
- Mohriak, W. U. Crustal architecture and tectonic evolution of the Sergipe-Alagoas and Jacuípe basins, offshore northeastern Brazil. *Tectonophysics*, Amsterdam, v. 288, n. 1/4, p. 199- 220, 1998.
- Mohriak, W. U. Salt tectonics, volcanic centers, fracture zones and their relationship with the origin and evolution of the South Atlantic Ocean: Geophysical evidence in the Brazilian and West African Margins. In: INTERNATIONAL CONGRESS BRAZILIAN GEOPHYSICAL SOCIETY, 7., 2001, Salvador. Anais... Salvador: Sociedade Brasilei- ra de Geofísica, 2001. p. 1594-1597.
- Moore, I.D., Grayson, R.B., Ladson, A.R., 1991. Digital terrain modelling: A review of hydrological, geomorphological, and biological applications. *Hydrol. Process.* 5, 3-30.
- Morais D.M.F., 2005. Geologia da porção central da Sub-bacia de Olinda, Bacia da Paraíba. Centro de Tecnologia e Geociências, Universidade Federal de Pernambuco. Recife. Monografia de graduação, 55 p.
- Moulin, M., Aslanian, D., Unternehr, P. 2010. A new starting point for the south and Equatorial and Atlantic Ocean. *Earth-Science Reviews*, 98: 1-37

- Mutter, J.C., Talwani, M., Stoffa, P.L. 1982. Origin of Seaward-Dipping Reflectors in Oceanic Crust off the Norwegian Margin by "Subaerial Sea-Floor Spreading": *Geology*, 10:353-357
- 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. Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Tese de Doutorado, 235 p.
- Neves, S.P. & Mariano, G. 1999. Assessing the tectonic significance of a large-scale transcurrent shear zone system: Pernambuco Lineamento, Northeastern Brazil. *Journal of Structural Geology*, 21: 1639-1383
- Nóbrega, M.A., Sá, J.M., Bezerra, F.H.R., Hadler Neto, J.C., Iunes, P.J., Guedes, S., Tello Saenz, C.A., Hackspacher, P.C., Lima-Filho, F.P., 2005. The use of apatite fission track thermochronology to constrain fault movement and sedimentary basin evolution in northeastern Brazil. *Radiation Measurements* 39: 627–633.
- Nóbrega, V.A. & Alheiros, M.M. 1991. Petrografia do arenito Beberibe, Bacia Pernambuco- Paraíba. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DO NORDESTE, 11, Natal, 1991. Atas. Natal 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 M.M.F. 1978. Estudos faciológicos da Formação Maria Farinha. Pós-Graduação em Geociências, Universidade Federal de Pernambuco, Dissertação de Mestrado, 113p.
- Oliveira P.E. & Ramos J.R.A. 1956. Geologia das quadrículas de Recife e Ponta das Pedras. Rio de Janeiro, DNPM, RJ. 59p. (Publicação Interna).
- Oliveira, E. P. 1940. História e pesquisa do petróleo no Brasil. Ministério da Agricultura, Rio de Janeiro, Ser. Publi. Agrícola, RJ. 205p. (Boletim Técnico).
- 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 411 p.
- Pearce, J.A. Trace element characteristic of lavas from destructive plateboundaries In: Thorpe, R.S. (ed) *Andesites* Wiley, Chichester. Pp. 525 – 548.1982.
- Pike, R.J., 1993. A Bibliography of Geomorphometry. U.S. Geol. Surv. Open-File Rep. 93 (262-A): 132.

- Pollard, D.D.; Delaney, P.T.; Duffield, D.A.; Endo, E.T. and Okamura, A.T., 1983. Surface deformation in volcanic rift zones. *Tectonophysics*, 94:541-584.
- Polônia, J.A.P. 1997. Geometria e cinemática do Rifte do Cabo, litoral Sul do Estado de Pernambuco. Master Dissertation Thesis. Post-Graduation Program in Geology, Federal University of Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil, 156 pp
- Ponte, F. C.; Asmus, H. E. Geological framework of the brazilian continental margin. *Geologische Rundschau*, Berlin, v. 67, n. 1, p. 201-235, 1978.
- Rand, H.M. & Mabesoone, J.M. 1982. Northeastern Brazil and the final separation of South America and Africa. *Revista Paleogeography, Paleoclimatology, Paleoecology*, 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. *Revista 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 A.R.dos; Louzada F.L.R.O. Eugênio F.C. 2010. ARCGIS 9.3 total: aplicação para dados espaciais. Alegre-ES: CAUFES. 184 p.
- Santos E.J., Fernandes P. R., Pereira C. S., Brito M. F. L., Domingos N. R. R., Silva E. P., Oliveira R. G., Araújo J. M. F., Dantas C. E. O., Silva R. C. 2016. Carta Geológica Preliminar Projeto Rio Capibaribe 1:250.000. In: Programa Geologia do Brasil Projeto Rio Capibaribe. Estados de Pernambuco e Paraíba. Recife, Pernambuco
- 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 219 p.
- 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.
- Soares, W. C. 2011. Banco de dados geológico – geotécnicos com base em sondagens à percussão e uso de sig: análise espacial da profundidade do lençol

freático e do Nspt para obras de fundação em João Pessoa – PB. Tese de Doutorado, Programa de Pós Graduação em Geotecnia - USP. 215p.

Souza, Z. S., Vasconcelos, P. M., Nascimento, M. A. L., Silveira, F. V., Paiva, H. S., Dias, L. G. S., Thiede, D., Carmo, I. O. (2003). $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ geochronology of Mesozoic and Cenozoic magmatism in NE Brazil. IV South American Symposium on Isotope Geology, Short Papers, 2, 691-694. Salvador.

Souza, A.F. Barbosa, C.C. Novo, E. M. L. M. Stech, J. L. 2009. Arquitetura de um Banco de Dados para Suporte à Integração de Dados de Campo e de Sensoriamento Remoto em Estudos Limnológicos e Meteorológicos. In: Anais XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, p 2349-2355, 2009, Natal, Brasil.

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.

Standlee, L. A.; Brumbaugh, W. D.; Cameron, N. R. Controlling factors in the initiation of the South Atlantic rift system. In: CURNELLE, R. (Ed.) *Géologie Africaine*. Boussens: Elf Aquitaine, 1992. p. 141-152. (Bulletin des Centres de Recherches Exploration- Production Elf-Aquitaine. Mémoire, 13)

Stewart, K.; Turner, S.; Kelley, S.; Hawkesworth, C.; Kirstein, L.; Mantovani, M. 3-D, $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ geochronology in the Paraná continental flood basalt province. *Earth and Planetary Science Letters*, Amsterdam, n. 143, p. 95-109, 1996

Streckeisen A.L. 1976. To each plutonic rock its proper name. *Earth Science Reviews*, 12: 1-33.

Streckeisen A.L. 1979. Classification and nomenclature of volcanic rocks, lamprophyres, carbonatites and melilitic rocks. *Geologisches Rundschau*, 69: 194-207.

Suguio, K., Bidegan, J.C., Möner, N.A., 1986. Dados preliminares sobre as idades paleomagnéticas do Grupo Barreiras e da Formação São Paulo. *Revista Brasileira de Geociências*, 16: 171–175

Szatmari, P.; Françolin, J. B. L.; Zanotto, O.; Wolf, S. Evolução tectônica da margem equatorial brasileira. *Revista Brasileira de Geociências*, São Paulo, v. 17, n. 2, p. 180-188, 1987

- 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 147 p.
- 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.
- Topan, J. G. O. & Lima Filho, M. F. Estudo Aeromagnetométrico e Morfotectônico da Sub-Bacia Olinda, Bacia Paraíba, e do Embasamento Adjacente. *Anuário do Instituto de Geociências – UFRJ*, 40 (3): 281-293
- Turner, S.; Regelous, M.; Kelley, S.; Hawkesworth, C.; Mantovani, M. Magmatism and continental break-up in the South Atlantic: high precision $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ geochronology. *Earth and Planetary Science Letters*, Amsterdam, v. 121, p. 333-348, 1994.
- Valença, L.M. 2014. Folha Itamaracá SB.25-Y-C-VI, 1:100.000. In: Programa Geologia do Brasil, Contrato CPRM-UFPE-FADE N° 060/PR/08. 2014.
- Van Schmus W.R., Brito Neves B.B. de, Williams I.S., Hack-spacher P.C., Fetter A.H., Dantas E.L., Babinski M. 2003. The Seridó Group of NE Brazil, a Late-Neoproterozoic pre-to syn-collisional basin in West Gondwana: insights from SHRIMP U-Pb detrital zircon ages and Sm-Nd crustal residence (T_{DM}) ages. *Precambrian Research*, 127:287-327
- Vaucher, A., Neves, S.P., Caby, R., Corsini, M., Egydio-Silva, M., Arthaud, M., Amaro, V. 1995. The Borborema shear zone system, NE Brazil. *Journal of South American earth Sciences*, 8(3-4): 247-266
- Vila Nova, F. 2005. Mapeamento geológico e estrutural da porção sul da Sub-bacia Olinda, Bacia da Paraíba. Relatório de Graduação. Recife, Departamento de Geologia, Universidade Federal de Pernambuco, 55p.
- 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
- White, R.; McKenzie, D.P., 1989. Magmatism at rift zones: the generation of volcanic continental margins and flood basalts. *Journal of Geophysical Research*, 94: 7685-7729.
- WILSON, M, Magmatism and the geodynamics of basin formation. *Sedimentary Geology*, Amsterdam, v. 86, p. 5-29, 1993

Yoder, H.S. & Tilley, C.E. 1962. Origin of basalt magmas; an experimental study of natural and synthetic rock systems. *Journal of Petrology* 3(3): 342-529.

Zuquette, L. V. 1987. Análise crítica da cartografia geotécnica e proposta metodológica para as condições brasileiras. Tese de Doutorado, Escola de Engenharia de São Carlos - USP. 273p.

APÊNDICE A

Tabela 2 Tabela dos dados geoquímicos de elementos maiores e menores preliminares

	T-003a	T-017	T-020	T-3b	T-16
SiO ₂	58,41	65,53	58,35	56,71	57,87
Al ₂ O ₃	13,89	14,82	13,73	15,12	13,76
TiO ₂	1,54	0,66	1,58	1,61	1,57
Fe ₂ O _{3t}	7,89	4,5	8	7,89	8,1
MgO	2,99	0,87	3,2	2,4	3,25
MnO	0,09	0,06	0,1	0,11	0,1
CaO	4,24	2,13	4,24	4,35	4,32
K ₂ O	3,88	5,12	3,71	3,67	3,73
Na ₂ O	3,59	3,91	3,53	3,96	3,36
P ₂ O ₅	0,66	0,19	0,67	0,74	0,67
PF	1,34	1,04	1,18	1,89	2,02
TOTAL	98,51	98,81	98,28	98,44	98,57
Ba	1696	994	1737	1372	1675
Rb	112	179	116	148	118
Sr	661	298	645	597	679
Zr	551	436	481	371	508
Y	31	44	29	38	30
Nb	34	31	33	28	34