As anomalias geológicas e geofísicas localizadas ao norte de Itapororoca (PB), folha Guarabira

Benjamim Bley de Brito Neves¹, Marta Silvia Maria Mantovani², Cristina Ferreira de Moraes³ & Joel Barbugiani Sigolo⁴

Resumo Na região ao norte de Itapororoca-PB, Folha Guarabira, foram detectadas anomalias nos contextos lito-estratigráfico, geomorfológico e hidrogeológico regional. Isto se concentra numa área discriminada pelo sistema DNPM-CPRM (1974) como “vulcânicas cretácicas”, sotopostas ao Grupo Barreiras. Nesta região foram definidos para o embasamento dois terrenos clássicos da Província Borborema: o S. José do Campestre (SJC, Paleoproterozóico) e Alto Pajeú (TAP, Eoneoproterozóico), respectivamente ao norte e sul do Lineamento Patos (LP). Ao longo do LP está preservada parte da cobertura do SJC, micaxistos filonitizados, amarrotados, do Grupo Seridó. Estes terrenos e cobertura estão intrudidos por plutões brasileiros que apresentam características de afiliação e isotópicas bastantes distintas entre si. Registra-se entre eles o primeiro caso de plutonismo tonalítico juvenil do Neoproterozóico da Província. Uma duricrust silicosa, com variados tipos texturais está presente na área como resquício de platôs mais elevados e dissecados, na área entre o LP e o Rio Mamanguape (alinhado por falha normal E-NE). Anomalias de F, Cr e Ni foram detectados neste silcrete, onde apenas raras frações de rochas ultramáficas e alcalinas foram passíveis de identificar. Além do mapeamento geológico, foram utilizadas 1000 estações gravimétricas, 584 das quais levantadas para este trabalho e adicionadas às outras do Observatório Nacional e da UFRN, de forma a cobrir toda a área de interesse, das ocorrências do silcrete e das estruturas circulares que aparecem em aerofotos nas adjacências.

Palavras-chave: anomalias geológicas, crosta silicosa, Província Borborema, Folha Guarabira.

Abstract *Geological and geophysical anomalies detected In the area north of Itapororoca-PB, Guarabira sheet*. Anomalies concerning the litho-stratigraphic, geomorphic and hydrogeologic contexts were detected on the region north of Itapororoca-PB. These anomalies are concentrated in the area coined as “Cretacic volcanics” by the system DNPM-CPRM (1974), in the basement of the Barreiras Group. In this region, two classic terranes of the Borborema Province were recognized: S. José do Campestre (SJC, Paleoproterozoic) and Alto Pajeú (TAP, Eoneoproterozoic, respectively to the north and to the south of the Patos Lineament (LP). Along LP there is preserved part of the cover rocks of the SJC, phyllonitized and drastically folded, of the Seridó Group. These terranes and cover rocks are pierced by Brasiliano plutons that display very distinct petrogenetic and isotopic characteristics. The first case of juvenile tonalitic plutonism of the Province is there recorded. A silicious duricrust, with many textural facies is present in the area, as relicts of previous plateau, between LP and the Mamanguape River (aligned by an E-NE normal fault). Anomalies of F, Cr and Ni were detected in this duricrust, in which some sparse fractions of ultramafic and alkaline rocks could be identified. Besides the geological mapping, a gravity survey of 548 new gravity stations was performed for the purpose in addition to 452 preexisting stations of the Observatório Nacional and of the UFRN, so covering the area of the duricrust as well as the area of some circular structures, in the surroundings.

Keywords: geological anomalies, silicious duricrust, Borborema Province, Guarabira sheet

INTRODUÇÃO Em trabalhos de reconhecimento geológico 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, na Paraíba (a noroeste de Mamanguape). Na procura destas supostas intrusivas (várias tentativas no passado), foram observados uma série inusitada de anomalias no contexto geológico e geomorfológico regionais, e posteriormente, no contexto geofísico (ano-

malias aeromagnéticas e gravimétricas). Na observação complementar, verificamos se tratar de uma área situada entre a extremidade oriental do Lineamento de Patos (de direção E-NE, com inúmeras evidências de reativações tardias) e a falha normal moderna que alinha o baixo curso do Rio Mamanguape. Naquela área aparecem restos de uma assembléia litológica peculiar, rica em sílica (que induziu os autores do passado à designação de “vulcânicas”), a ser discutida.

1 - Departamento de Mineralogia e Geotectônica, Instituto de Geociências, USP, São Paulo (SP), Brasil. E-mail: bbleyn@usp.br

2 - Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas, USP, São Paulo (SP), Brasil. E-mail: marta@iag.usp.br

3 - Programa de Pós-Graduação, Instituto de Geociências, USP, São Paulo (SP), Brasil.

4 - Departamento de Geologia Sedimentar e Ambiental, Instituto de Geociências, USP, São Paulo (SP), Brasil. E-mail: jbsigolo@usp.br

O objetivo inicial da pesquisa foi para uma tese de doutoramento de um dos autores (C. F. M), mas que não pode ser completado por razões outras. Os dados obtidos foram reunidos, complementados e são agora apresentados, porque trazem à baila uma série de informações e observações importantes (geológicas e geofísicas s. l.) que merecem ser apresentadas à comunidade das geociências, posto que são passíveis de fomentar vários desdobramentos de pesquisa.

As peculiaridades desta área a norte de Itapororoca são de diversas ordens. Em termos litológicos, é observado um conjunto de rochas com aspecto (localmente) magmático, pseudomorfisadas por sílica, ou com intensa silicificação de rochas preexistentes (maioria praticamente inidentificáveis, em amostra de mão e ao microscópico, aspectos maciços). A este conjunto complexo chamamos informalmente e provisoriamente de *Unidade (Para)- Estratigráfica Piriri do Vigário* = UEPV, tentando seguir o código de nomenclatura vigente. A expressão geomorfológica desta unidade é um platô (fração residual de) elevado de até 100m acima das cotas regionais do embasamento circunvizinho, peneplanizado. E em termos hidrográficos e hidrogeológicos, destaca-se a formação de muitas fontes de depressão e de contato emanando deste contexto silicoso mais elevado (cotas de até 200m), e a de um divisor de águas, que são então conduzidas para os rios Camarutuba e Mamanguape. Além disso se observa o encaixe de todos os tributários do Rio Seco (afluente do Mamanguape) que drena a área de ocorrência da UEPV.

Nessa unidade silicosa (*silcrete*) foram feitas observações adicionais de anomalias de F, Cr e Ni na porção mais superficial e a presença de algumas frações reliquias (fragmentos de difícil identificação) de rochas ultramáficas e alcalinas, fantasmas silicificados de vários minerais (apatita, olivina) e a observação direta de processos adicionais desta silicificação como invasiva até de rochas gnáissicas e migmatíticas do embasamento (do Terreno Alto Pajeú). Em alguns locais a silicificação começa no embasamento e evolui para a *duricrust* (UEPV) sobreposta.

Consubstancia-se assim unidade mapeável em escalas 1/100.000 e superiores, a que cunhamos designação provisória (UEPV), em obediência ao código vigente (Salvador 1996), e que reúne características de um complexo vulcânico-plutônico-hidrotermal-superfênico. A designação é em alusão ao seu principal e mais elevado platô (cotas até 200m), situado ao norte de Itapororoca ("Piriri do Vigário"). A constatação de evolução complexa independe do seu estudo petrológico e evolutivo, que virá em etapas, principalmente após as sondagens que estão ali em realização. por empresas de mineração, decorrência do trabalho aqui apresentado. Holoestratotipos para essa unidade estão apontadas nas secções geológicas apresentadas, após a figura 1 (esboço geológico de Guarabira), nas figuras seguintes (Fig. 2, 3, 4).

O estudo geológico desta área de interesse (cerca de 1000 estações gravimétricas consideradas), foi feito na escala 1/100 000, de início, nas imediações

de Itapororoca e Curral de Cima. Este levantamento foi gradativamente sendo extrapolado para o mapeamento de toda Folha de Guarabira (escala ~ 1/200.000), aqui apresentado (Fig. 1).

O estudo geofísico se concentrou no levantamento gravimétrico de semi-detilhe realizado para o presente trabalho. Entretanto, foram analisados também dados aerogeofísicos preexistentes que, embora de caráter apenas qualitativo, permitem identificar uma anomalia magnética com características 3D em correspondência daquela modelada por gravimetria.

Algumas ocorrências menores de litotipos similares a UEPV ocorrem (como em Minador de Baixo, em cotas de 90 m). Além disso há outras cascalheiras esparsas, provavelmente resultantes do desmantelamento prévio de extensões da UEPV (como ao norte e sul de Cuité de Mamanguape), na estrada de Guarabira para Curral de Cima etc. Estas ocorrências são alvos potenciais para investigações posteriores.

A Folha Guarabira (Fig. 1) encerra partes importantes de dois terrenos tectono-estratigráficos maiores que, de acordo com Dantas *et al.* (1998), Brito Neves *et al.* (2001a) e (2001b) e de Dantas *et al.* (2005), que seriam fragmentos de massas supercontinentais distintas (no conceito de Howell 1995). Os terrenos foram justapostos no final do Neoproterozóico: o Terreno Rio Grande do Norte (RGN), ao norte, representado pelo seu segmento mais oriental, São José do Campestre (SJC) e o Terreno Alto Pajeú (TAP), ao sul. As observações geológicas aqui trazidas sobre a geologia e geocronologia destes terrenos são complementos das descrições prévias dos autores acima referidos.

Estes terrenos arqueano-paleoproterozóicos (SJC) e eoneoproterozóicos (TAP) estão justapostos ao longo da zona de sutura policíclica de Patos, em grande parte com geometria e marcas estruturais impostas durante a extrusão do final do Ciclo Brasileiro (Ediacarano-Cambriano). Ao longo desta zona de cisalhamento estão preservadas e deformadas rochas supracrustais da cobertura do SJC, o denominado Grupo Seridó, e alguns importantes *stocks* e *sheets* tonalíticos e granodioríticos. No meso-cenozóico, esta linha estrutural e congêneres associadas foram importantes veículos de expressão de esforços e deformação.

A pesquisa realizada foi inteiramente financiada pela FAPESP (processo 2000/13625-6), sendo consignado o agradecimento dos autores.

GEOLOGIA DA FOLHA DE GUARABIRA

Feições Morfológicas A folha em epígrafe fica na sua maior parte no do contexto dos chamados tabuleiros pliocênicos (vide revisão de Mabessone & Cunha Silva 1991), equivalente da Superfície Sertaneja ou Pd1, de diversos autores, em diferentes análises. Esta superfície tem sua maior expressão com os depósitos correlativos o Grupo Barreiras e conexos e no embasamento as chamadas "chãs" (peneplanos, áreas de degradação erosiva maior), de cotas entre 100 e 120 m. Para jusante dos rios regionais aparecem planícies aluviais importantes (Camaratuba, Mamanguape), prenunciadores das cotas

Figura 1 - Esboço geológico da Folha Guarabira.

mais baixas (<40m) até a superfície costeira, chamada de Paraguassú (Ciclo Atual), ou de “Quaternária”.

No tocante aos tabuleiros sedimentares, foram

constatadas as presenças de vários patamares que estão bem expostos nos mapas planimétricos 1/100 .000 da SUDENE, e que jamais foram discriminados por auto-

Figura 2 - Seção Geológica esquemática N-S de Jaboticaba (norte de Cuité do Mamanguape para a PB-071 (ligação da BR 101 para Jacaraú), cortando as estruturas circulares principais. considerado a seção de referência (o holoestratotipo) da Unidade Piriri do Vigário (UEPV), que aflora abundantemente em Quatigereba e Xuá-Mendonça.

Figura 3 - Seção Geológica esquemática da rodovia BR 230 (Folha Sapé), ao sul para a cidade de Jacaraú, ao norte, passando na principal ocorrência de UEPV, em Concris (centro da principal estrutura circular). Os três principais terrenos tectono-estratigráficos (RGN, TAP e TAM) estão representados bem como a "Depressão de Pedro Régis", a qual está alocada segundo a extremidade oriental do Lineamento Patos.

res predecessores. Estes patamares (Fig. 2, Fig 3, Fig 4) estão separados por linhas de falhas reativadas (do embasamento) que foram ocupadas preferencialmente pelos cursos d'água regionais, quase todos orientados de WSW-ENE. É possível discriminar os patamares como uma sucessão de *horstes*, *grabens* e blocos basculados consoante cotas de: (ca. 100 m) - patamar da BR-230, mais ao sul e o patamar de Capim, este na BR-101; (ca. 200m) - patamar Palmeira-Curralinho, na fronteira das folhas Sapé-Guarabira, a SE da folha; e o patamar de Maripitanga, na BR-101 e PB-071; (ca. 250m) - patamar de Jacaraú /Alto Rio Pitanga.

Excepcionalmente, por razões ainda não devidamente esclarecidas, formou-se um patamar de ca. 650 m, em Solânea, já na folha a oeste (Solânea, MI-1133), onde as formações Serra do Martins) e Barreiras (acima do Serra do Martins) estão descritas (Moraes

Neto 1999).

Esta disposição escalonada está francamente exposta nos mapas 1/100.000 da SUDENE, reiteradas nas figuras anexas, e que realça panorama surpreendentemente diferente daquele dissertado nas usuais revisões acadêmicas sobre o tema.

A UEPV, sobreposta (e extrapolando) as áreas de anomalia geofísica, comporta uma unidade geomórfica, pois suporta a fração do platô que tangencia cotas de 200 m (o mesmo de Maripitanga / PB 071) e circundada por peneplanos de <100m do embasamento dissecado ("chãs" = peneplanícies, sobre rochas do TAP). Esta fração de platô divide as águas do Camaratuba e do Mamanguape, cujos tributários destes se mostram tectonicamente encaixados.

Toda a segmentação da zona dos tabuleiros e adjacências pode ser identificado como proporcionada

Figura 4 - Secção Geológica esquemática de sul (Folha Sapé) para N-NW (Jacaraú) procurando mostrar as diferentes frações/cotas de tabuleiros: (A) Alto Mumbaba-Mamuaba, > 200m, ao sul da BR-230 (Sub-Bacia Alhandra, folha Sapé); (B) patamar da BR-230, ca. 100m; (C) patamar/interflúvio Palmeira-Curralinho < 200m; (D) patamar de Miriri-Capim, ca. 100m; (E) patamar Maripitanga / PB 071; (F) 200-250m = patamar de Jacaraú-Alto Rio Pitanga. Nesta secção, a UPEN teve sua espessura exagerada de propósito, para destacar.

pela ação moderna das linhas de falhas Duas Estradas-Lagoa de Dentro, Patos, Mamanguape, Rio Miriri e Zumbi-Cuité do Mamanguape. A Lagoa de Campinas (sul de Curral de Cima) orientada ao longo do Lineamento Patos é exemplo muito didático desta situação/obediência regional. Os topos dos tabuleiros são planos em geral, com desgastes erosivos e inclinações suaves para as vertentes e para o lado do mar, e os rios regionais se acham instalados com vertentes relativamente abruptas, com indicações de encaixe recente.

Muitos tabuleiros estão encimados (Maripitanga, Jacaraú) pelas “Areias Brancas”, unidade lito-estratigráfica informal que ocupa muitas vezes as cotas mais elevadas, sendo comum e constante o desmantelamento erosivo, facilitado pela natureza de materiais inconsolidados (em parte são elúvios e colúvios derivados da Formação Beberibe).

Esta constatação de patamares escalonados, ou de “tectônica de teclas extensionais” modernas não é só suportada pela observação morfológica, há dados de campo, deslocamentos de níveis do embasamento e de níveis basais do Barreiras, e isto tem sido ratificada no levantamento gravimétrico. A relação das estruturas do embasamento com as da cobertura é ponto de relevância nesta (Folha de Guarabira) e nas folhas adjacentes (Sapé, ao sul, S. José de Mipibú, ao norte, Solânea, a oeste etc.).

Para oeste do domínio dos tabuleiros, há domínio da peneplanície de 100-120m (as “chãs” do embasamento). Bem mais para oeste, se inserem os primeiros contrafortes/testemunhos da Superfície Sul-

Americana (ou Pd₂), a qual está representada (de forma rebaixada) pela maior resistência de granitos, como os de Esperança e Serra da Raiz-Serraria (cotas ~ 350m).

Embasamento

O TERRENO SÃO JOSÉ DO CAMPESTRE-SJC (PARTE ORIENTAL DO RGN) No SJC, Dantas (1997) e Dantas *et al.* (1998) identificaram rochas de alto grau cálcio-alcálicas, geradas em orogenias acrescionárias do Paleoproterozóico (ca. 2150 Ma), o que foi ratificado por Brito Neves *et al.* (2001a e 2001b), a que designaram de Complexo Serrinha-Pedro Velho. Estas rochas metamórficas de natureza granodioríticas e trondhjemiticas, parcialmente migmatizadas, serviram para embasamento do desenvolvimento do Sistema de Dobramentos Seridó (entre 650 e 580 Ma (Van Schmus *et al.* 2003) com seus depósitos de turbiditos, que vieram aportar na folha Guarabira (na chamada “Depressão de Pedro Regis”, entre Pedro Regis e Pirpirituba), embutidos tectonicamente e envolvidos na tectônica cisalhante destrai do lineamento de Patos.

Os nossos dados ora levantados no SJC, do ponto de vista petrográfico, estrutural, tectônico e geocronológico vem servir como adicionais àqueles já presentes na bibliografia acima mencionada (e em Dantas *et al.* 2004). Rochas de alto grau predominam neste segmento, biotita-hornblenda ortogneisses de composição granodiorítica a tonalítica, com intercalações anfibolíticas, localmente migmatizados. Dentro deste contexto ocorrem alguns litotipos trondhjemiticos, igual-

mente com evidências locais de migmatização. Estas rochas apresentam foliação de alto ângulo estruturadas de NNE-SSW para NE-SW, sendo diagonalmente cortadas pelas linhas de falhas Duas Estradas-Lagoa de Dentro, paralela/complementar ao norte do Lineamento de Patos. Tratam-se de foliações de pelo menos de terceira geração, submetidas aos *trendes* brasileiros sobrepostos (S_{n+3}).

Os dados isotópicos Sm-Nd desta porção do SJC apresentam valores T_{DM} paleoproterozóicos (2,2 a 2,55) e os valores do $\epsilon Nd_{(2150\text{ Ma})}$ fracamente negativos e até mesmo positivos, sugerindo a possibilidade de formação juvenil no Paleoproterozóico (Tab. 1).

Graníticas brasileiras são recorrentes nas folhas ao norte e a oeste (vide Jardim de Sá *et al.* 1999), aproveitando os falhamentos mais jovens da evolução brasileira (no limite Pré-Cambriano-Fanerozóico). Na parte desta folha só o complexo granítico da Serra da Raiz-Belém (chamado de “Complexo Solânea por Guimarães *et al.* 2003) foi constatado. Trata-se de batólito de composição variada, mostrando tratos distintos de magmas monzograníticos, dioríticos, sienograníticos e graníticos, com muitas ocorrências de fundidos anatóticos e feições migmatíticas (e isto está também retratado nos dados isotópicos). O plutonismo é do Ciclo Brasileiro (ca. 580 Ma), cujos dados T_{DM} indicam valores paleoproterozóicos e até arqueanos (2,1 a 2,6 Ga), e que preservam valores de $\epsilon Nd_{(600\text{ Ma})}$ fortemente negativos (-16,0 a -25,0), evidenciando a participação importante de tratos crustais antigos na sua formação. Estes valores altamente negativos para plutões brasileiros são freqüentes em todo o RGN, retratando a natureza antiga de parte seus protólitos.

“GRUPO SERIDO” NO LINEAMENTO DE PATOS (“DEPRESSÃO PEDRO RÉGIS”) E INTRUSIVAS CÁLCIO-ALCALINAS Os terrenos SJC e TAP estão justapostos consoante sutura policíclica (a cuja história muito pode ser acrescentado por nosso levantamento), o lineamento de Patos, de caráter destal, em grande parte com geometria e marcas estruturais impostas durante a extrusão do final do Ciclo Brasileiro, e que tem sido objeto de vários trabalhos prévios em seus trechos mais ocidentais. A zona ao longo do lugar geométrico desta junção (SJC com TAP), nesta folha constitui a extremidade mais oriental do lineamento, a qual foi profundamente deformada e envolveu parte da cobertura supracrustal do SJC (metapsamitos e metaritimtos argilosos, filitos e micaxistos do Grupo Seridó), de idade neoproterozóica (Van Schmus *et al.* 2003).

Tanto a parte mais ocidental (oeste da Folha Guarabira) do SJC, como sua borda sul-oriental apresentam frações de metassedimentos filonitizados do Grupo Seridó, como resultado de embutimento vertical ao longo de transcorrências (Jardim de Sá *et al.* 1999). Estes filonitos apresentam coberturas cenozóicas diversas, por toda metade oriental da folha. E todos apresentando reativações extensionais modernas, pós-Barreiras.

A estruturação dos filonitos é muito complexa,

sucessão de dobras de arrastos, com estilo geral de redobramento em sinformal (área de Sertãozinho-Pirpirituba). Idades U-Pb em zircão obtidas por Van Schmus *et al.* (op.ct.) indicam idade do Neoproterozóico mais superior (650-610 Ma) para estes metassedimentos (eventualmente meta-tufos). Os dados Sm-Nd aqui reportados, em pequeno número, indicam valores de T_{DM} entre 1,5 e 1,4 Ga, mas com valores de $\epsilon Nd_{(600\text{ Ma})}$ fracamente negativos, entre -1,5 e -3,7, que sugerem algum tipo de contribuição juvenil no Neoproterozóico. Esses são valores próximos ao de granodioritos e tonalitos intrusivos a serem comentados.

Esta cobertura foi intrudida por granodioritos e tonalitos com epidoto magmático e ricos em *clots* anabólicos (paralelos à foliação magmática, tipo “Conceição”) os quais apresentam características isotópicas peculiares (casos de Nica, Curral de Cima etc.). A idade U-Pb em zircão indicou uma discórdia de 623 ± 4 Ma (situada dentro dos valores estimados para deposição, entre 650 e 610 Ma, Van Schmus *et al.* op. cit.). Os valores de idade T_{DM} para estas rochas intrusivas são em geral mais jovens que 1,3 Ga, com valores de $\epsilon Nd_{(600\text{ Ma})}$ próximos a zero (entre +2,0 e -3,56), o que consubstancia as primeiras ocorrências de plutonismo juvenil neoproterozóico em toda a Província Borborema.

Esta zona marcada pelos afluentes da margem esquerda do Rio Camaratuba foi estruturalmente deprimida no Neógeno, formando a “Depressão de Pedro Régis”, já mencionada, estando afetado consideravelmente o tabuleiro Barreiras/Beberibe.

TERRENO ALTO PAJEÚ- TAP O Terreno Alto Pajeú – TAP (vide Santos & Medeiros 1999 e Brito Neves *et al.* (2001a e 2001b) ocupa toda porção sul e centro-oriental da folha, em grande parte acobertado por sedimentos fanerozóicos Beberibe, Barreiras, UEPV, cascalheiras, aluviões). Este terreno, na sua porção mais oriental reitera as características composicionais descritas por Brito Neves *et al.* (acima citado) e por Santos *et al.* (2002), para todo o conjunto, com o predomínio de ortognaisses bandados e migmatíticos (“Cariris Velhos”) e metagrauvacas a duas micas (Complexo “São Caetano”), com algumas intercalações meta-vulcânicas, félsicas principalmente.

Como peculiaridade, nesta parte mais oriental, este terreno apresenta freqüentes processos de migmatização, e isotopicamente mostra evidências de heranças do embasamento paleoproterozóico. Adicionalmente, do ponto de vista estrutural registra-se quadro marcante de zonas de cisalhamento, diferencial importante do *overprint* Brasileiro. E esta tectônica sobreposta ao Cariris Velhos, transferiu legados para o quadro cenozóico.

Na escala do mapeamento não foram discriminados os ortognaisses (granodioríticos, graníticos/ “Cariris Velhos”) das rochas meta-psamíticas aluminosas com vulcânicas intercaladas (gnaisses e micaxistos a duas micas/ “São Caetano”), nem discriminados os domínios da migmatização. Em alguns pontos, sem o devido respaldo geocronológico, fica difícil distinguir

se os afloramentos migmatíticos são do Cariris Velhos ou do seu embasamento (Terreno alto Moxotó = TAM), cujo domínio de ocorrência ostensiva é bem mais ao sul, na folha de Sapé.

Destaca-se neste contexto de ortognaisses do TAP uma zona de biotita-muscovita granitos e granodioritos, de textura milonítica a protomilonítica que baliza toda a porção norte do TAP, de Soledade até Guarabira, passando por Alagoa Nova, conhecido pela alcunha de “Rachinha” (perlonga as zonas de cisalhamento de Campina Grande e Matinhas, Archanjo & Fetter 2004), muito utilizada como pedra de revestimento. O aspecto geral é de uma faixa de granitos colisionais eoneoproterozóicos submetidos drasticamente ao cisalhamento simples.

Alguns granitos brasileiros, a serem discutidos (e.g. Santa Lúcia, Mamanguape) mostram claramente a importância de protólitos paleoproterozóicos e evidenciam as condições mais elevadas do grau de metamorfismo, além de indicar a presença possível de tratos de embasamento ocorrendo na folha em epígrafe (injunções locais da tectônica e/ou da erosão), sem que tenha sido possível cartografá-los adequadamente.

Do ponto de vista estrutural, destaca-se primeiramente o feixe “rabo de cavalo” (*horse-tail*) advindo do *splay out* oriental da zona de cisalhamento sinistral Galante-Serra Redonda-Guarabira (que se origina bem a oeste da Paraíba, vide Santos *et al.* 2002), o qual forma notável leque aberto para leste e que vem se justapor de forma adventícia lateralmente ao Lineamento de Patos (para o norte) e circunscrever (para o sul) o batólito granítico de Lourenço.

Outras zonas de cisalhamento importantes são aquelas de Mulungú-Violeta (SW-NE, caráter sinistral), com mais de 2 km de largura, sub-paralela ao *trend* regional de ortognaisses (Cariris Velhos) e metagrauvascas (S. Caetano), e aquela que lhe é posterior no tempo, a de Pacatuba-Zumbi-Cuité do Mamanguape e que a segmenta em dois ramos, com direção NNW (azimute 350). Advinda do sul, da folha de Sapé, a leste do falhamento de Pacatuba-Cuité chega até as proximidades de Itapororoca, e desloca a zona de falha de Violeta-Mulungú por ca. 10 km (vide esboço de mapa geológico, Fig. 1).

Algumas determinações U-Pb prévias (folhas de Sapé e Guarabira, Brito Neves *et al.* (2001 a e 2001 b) pelo método U-Pb reiteram a idade de ca. 960 Ma para os metamorfitos do TAP. As determinações Sm-Nd realizadas nos ortognaisses do TAP mostram um quadro algo distinto daquele das folhas a oeste (usualmente <1,8 Ga), com valores T_{DM} relativamente elevados, entre 1,7 e 2,4 Ga, e valores de $\epsilon Nd_{(960Ma)}$ moderados a fortemente negativos (-6,0 até -15,0). Esta constatação reiterada de participação de componentes de residência crustal mais antiga já estava esboçado na análise lito-estrutural acima efetuada, e será reforçada no trato dos dados isotópicos das metagrauvascas e das plutônicas intrusivas no TAP.

No tocante às metagrauvascas (“S. Caetano”), com o pequeno número de análises, foram ratificadas

conclusões preexistentes (Brito Neves *et al.* 2001a e b). Foram encontrados três valores de T_{DM} do Meosproterozóico, com valores de $\epsilon Nd_{(960Ma)}$ positivos (2 casos) e um caso de valor negativo (muito próximo de zero, vide Tab. 1). Isto é interpretado como evidência de contribuição juvenil, eoneoproterozóica. Devem ser acrescentados também valores obtidos de amostras coletadas mais a sudoeste (folha de Sapé), próximo a Mulungú, onde os valores de $\epsilon Nd_{(960Ma)}$ são significativamente negativos (-11,0 a -13,0), indicando a co-participação de tratos crustais antigos na formação desses metamorfitos.

ROCHAS GRANÍTICAS DO TERRENO ALTO PAJEÚ-TAP

(a) O corpo granítico de Esperança-Pocinhos apresenta posição inter-terrenos (entre RGN e TAP) e chega ao norte de Guarabira (Serra da Jurema), apertado entre o LP e o *splay out* da falha Galante-Serra Redonda (sinistral). Predominam rochas graníticas porfíricas na maior parte de sua exposição, na folha Campina Grande, mais a oeste. Bastante deformado, entre dois conjuntos cisalhantes, esta porção deste corpo foi tratado indevidamente como “ortognaisses” (pretensas rochas de embasamento) em vários mapeamentos regionais anteriores. Predominam rochas tonalíticas, sienograníticas e graníticas com texturas porfíricas (objetos de trabalho de Archanjo & Fetter (2004).

Para este corpo de dimensões batolíticas preexistem determinações U-Pb de Guimarães *et al.* (inédita), de ca 581 Ma e de Archanjo & Fetter (2004) de 592 ± 5 Ma, ou seja idade da parte média do Ediacarano, compatível com alguns dados Rb-Sr convencionais obtidos por Brito Neves *et al.* (inédito, ca 570 Ma), ao norte de Guarabira.

Os dados Sm-Nd obtidos neste batólito, neste trabalho e naquele Archanjo & Fetter (2004) são bastante coerentes, com valores de T_{DM} entre 1,3 e 2,0 Ga e valores $\epsilon Nd_{(580Ma)}$ negativos entre -5,0 e -16,0, mostrando que houve participação moderada a elevada de materiais crustais preexistentes. Estes valores são mais próximos em geral daqueles do TAP (embora sejam distintos daqueles dos granitos de Lourenço e Mamanguape, abaixo descritos), e são significativamente diferentes daqueles dos granitóides situados no SJG.

(b) O Batólito de Lourenço ocorre a sudoeste da folha, “ajustado” tectonicamente entre (ao sul de) o *horse tail* da falha de Galante-Guarabira e a zona de cisalhamento de Violeta-Mulungu, tendo por característica morfológica ser área rebaixada (“chã” de cotas <100m), recoberta por extensa cascalheira. Apresenta forma de pêra e área pouco superior a 100 km², com composição monzodiorítica de alto potássio, textura ora grosseira a porfírica, ora equigranular, que localmente exhibe foliação magmática, com enclaves tonalíticos e quartzo-dioríticos alinhados com a foliação magmática. A foliação das encaixantes circundantes deste corpo mostra mergulhos fortes centripetais, conferindo-lhe pois características de unidade sintectônica. Além disto, na periferia do corpo aparecem bandas migmatíticas alternando com anéis graníticos (aspecto “estromatíti-

Tabela 1 - Dados analíticos das determinações Sm-Nd nas rochas do embasamento.

	SPS	Nº Campo	coordenadas		Material (Rocha)	Sm (ppm)	Nd (ppm)	¹⁴⁷ Sm/ ¹⁴⁴ Nd	Erro
			latitude	longitude					
A	1277	SCB-GN-SLG	9235000	191000	gn/rt	7,15	40,96	0,1056	0,0004
	1819	SCB GN BRA	9273500	232000	Ortognaisse/RT	4,32	30,81	0,0847	0,0003
	2572	RN GR SR 22	9267129	227707	RT/OrtoGnaiss	3,60	27,88	0,0780	0,0003
	2931	MSJC CNB	9269280	243768	RT/Ortognaisse	4,32	26,44	0,0988	0,0003
	2932	MSJC-N BVI	9274887	240137	RT/Ortognaisse	4,48	30,43	0,0890	0,0003
	2933	MSJC UMARI	9274887	259613	RT/Ortognaisse	6,42	42,03	0,0923	0,0003
B	1075	SCB-GR-WPi	9352000	220000	Granítica/RT	10,01	69,28	0,0873	0,0003
	1807	SCB GR S.RAIZ	9260276	230436	Granito/RT	5,40	26,50	0,1233	0,0004
	1869	SCB GR S.RAIZ	9260276	230436	Granito/RT	5,41	26,36	0,1241	0,0004
	1076	SCB-GR-RN	9256000	220000	Granítica/RT	14,81	111,72	0,0802	0,0003
	2572	RN GR MSB	9267129	227707	RT/OrtoGnaiss	3,60	27,88	0,0780	0,0003
	1813	SCB-Gr-MSB A16	9295000	178000	Granito/RT	7,46	44,45	0,1015	0,0004
C	1461	SCB MGv-PIR	9249000	225000	metagr/rt	6,28	29,59	0,1284	0,0004
	1812	SCB-BX-MSB	9240000	192000	M.B.Xisto/RT	3,72	16,49	0,1363	0,0005
D	2564	LP-GR-34	9256813	252214	RT/Granitóide	4,49	24,01	0,1129	0,0004
	1808	SCB-GR-NICA	9251510	227062	Granito/RT	9,44	49,25	0,1159	0,0004
	3523	SCB-TON-CC	9257000	248110	Tonalito	4,29	23,22	0,1118	0,0004
E	2745	AP-CV-GN-45	9244547	245983	RT/OrtoGnaiss	7,90	39,39	0,1213	0,0004
	2746	AP CV 7 dale	9243325	249930	RT/OrtoGnaiss	16,45	78,33	0,1270	0,0005
	2911	AP-AR-GN	9242300	246500	RT/Ortognaisse	7,14	30,67	0,1408	0,0005
	2912	AP-AR-FEL	9242300	246500	RT/Felsito	3,97	20,03	0,1198	0,0004
	2747	AP-CV-49	9250786	249648	RT/OrtoGnaiss	2,03	4,36	0,2819	0,0010
	1588	SCB--MI-MIR	9231987	259300	MIGMATITO/rt	3,48	18,41	0,1143	0,0004
	1804	SCB-GN-ZB1	9227449	257723	Ortognaisse/RT	13,82	83,87	0,0997	0,0003
	1820	SCB-GN-SMB	9225000	256000	Ortognaisse/RT	22,59	43,88	31%	0,0012
	2934	SCB-GN-CMG	9235425	251827	RT/Ortognaisse	9,93	61,11	0,0983	0,0003
	3046	SCB-GAM	9228609	255973	RT/Ortogns Gnd	5,48	29,19	0,1134	0,0004
	3047	SCB-LFX	9230463	250162	RT/Ortogns Grn	4,06	26,17	0,0937	0,0003
	3118	SCB-GN-PCT	9221000	259000	RT/Ortognaisse	8,91	55,70	0,0966	0,0003
F	2562	AP Mgv 1 (Rio)	9241980	2641985	RT/MetaGrauvaca	4,92	23,56	0,1263	0,0013
	1462	SCB MGv-AG	9222000	208050	metagr/rt	6,00	28,26	0,1283	0,0004
	1466	SCB-GN-S-9	9242000	197000	biotgn/rt	5,38	39,18	0,0830	0,0003
	933	SCB-GN-MUL	9222000	228000	bt-gnaiss/RT	6,25	31,89	0,1185	0,0004
	2563	AP-MGV 16	9241489	255196	RT/MetaGrauvaca	4,43	23,44	0,1142	0,0004
G	2569	AP-GR-ESP 18	9247260	226640	RT/Granito	18,63	117,43	0,0959	0,0003
	1279	SCB- Gn-USM	9236000	209000	ortogn/rt	9,36	48,21	0,1173	0,0004
H	2567	AP-GR-AR-14	9241590	233710	RT/Granito	6,08	36,68	0,1003	0,0004
	1589	SCB-GR-SLO	9231000	230000	GRANITICA/rt	13,77	83,12	0,1002	0,0003
	2865	AP-GR-70	9230281	233274	RT/Granito	7,07	48,15	0,0888	0,0003
I	2571	AP-SL-10	9243657	243081	RT/Granitóide	6,04	26,05	0,1402	0,0005
	1278	SCB-GR-CSL	9244000	242000	gr/rt	6,55	27,73	0,1428	0,0005
J	2565	AP-GR-M1	9245136	266607	RT/Granito	4,75	21,36	0,1346	0,0005
	2566	AP-GR-M3	9245322	259613	RT/Granito	15,87	73,92	0,1299	0,0004
	2570	AP-GR-ALA 27	9248568	257736	RT/Granito	2,71	8,55	0,1916	0,0007

A= Ter. R. G. Norte
F=TAP/S.CaetanoB = Complexo Solânea
G = Gr. EsperançaC = Gr. Seridó
H = Gr. LourençoD = Ton. C. Cima
I = Santa LúciaE = TAP/gnaisses
J = Gr. Mamanguape

Tabela 1 - Continuidade

	SPS	Nº Campo	$^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$	Erro	fSm/Nd	TDePaolo (Ma)	Erro	e(0)	T ₁ (Ma)	$\epsilon_{\text{(T1)}}$
A	1277	SCB-GN-SLG	0,51124	0,000007	-0,46	2552,5	11,9	-27,19	2150,0	-2,22
	1819	SCB GN BRA	0,51108	0,000011	-0,57	2333,9	13,1	-30,49	2150,0	0,22
	2572	RN GR SR 22	0,51091	0,000009	-0,60	2402,6	10,5	-33,65	2150,0	-1,10
	2931	MSJC CNB	0,511123	0,000011	-0,50	2562,5	15,2	-29,56	2150,0	-2,71
	2932	MSJC-N BVI	0,511049	0,000013	-0,55	2447,5	15,8	-31,00	2150,0	-1,45
	2933	MSJC UMARI	0,511225	0,000012	-0,53	2290,3	15,1	-27,57	2150,0	1,06
B	1075	SCB-GR-WPi	0,51121	0,000039	-0,56	2219,0	44,5	-27,89	580,0	-19,80
	1807	SCB GR S.RAIZ	0,51154	0,000006	-0,37	2552,9	14,0	-21,44	600,0	-15,82
	1869	SCB GR S.RAIZ	0,51149	0,000016	-0,37	2665,8	27,2	-22,41	600,0	-16,86
	1076	SCB-GR-RN	0,5112	0,000011	-0,59	2109,7	12,5	-28,09	600,0	-19,17
	2572	RN GR MSB	0,51091	0,000009	-0,60	2402,6	10,5	-33,65	600,0	-24,57
	1813	SCB-Gr-MSB A16	0,51122	0,000013	-0,48	2483,2	17,9	-27,58	600,0	-20,29
C	1461	SCB MGV-PIR	0,512180	0,000016	-0,35	1538,1	27,1	-8,93	600,0	-3,70
	1812	SCB-BX-MSB	0,512322	0,000013	-0,31	1416,7	24,4	-6,16	600,0	-1,54
D	2564	LP-GR-34	0,51241	0,000024	-0,43	959,8	33,8	-4,41	550,0	1,47
	1808	SCB-GR-NICA	0,51217	0,000011	-0,41	1366,4	16,6	-9,23	550,0	-3,56
	3523	SCB-TON-CC	0,51218	0,000009	-0,43	1300,0		-8,96	630,0	
E	2745	AP-CV-GN-45	0,511725	0,000016	-0,38	2177,7	25,8	-17,81	960,0	-8,57
	2746	AP CV 7 dale	0,512047	0,000016	-0,35	1749,1	27,2	-11,54	960,0	-3,00
	2911	AP-AR-GN	0,512398	0,000012	-0,28	1345,6	24,0	-4,68	960,0	2,16
	2912	AP-AR-FEL	0,512193	0,000011	-0,39	1377,8	17,4	-8,68	960,0	0,74
	2747	AP-CV-49	0,512815	0,000015	0,43	-30845,3	40,3	3,45	960,0	-6,99
	1588	SCB--MI-MIR	0,51152	0,000012	-0,42	2347,9	18,9	-21,85	960,0	-11,76
	1804	SCB-GN-ZB1	0,51146	0,000013	-0,49	2116,9	17,3	-22,94	960,0	-11,06
	1820	SCB-GN-SMB	0,51162	0,000008	0,58	---	---	-19,94	960,0	-33,97
	2934	SCB-GN-CMG	0,5117	0,00001	-0,50	1775,3	13,19	-18,33	960,0	-6,28
	3046	SCB-GAM	0,5118	0,00001	-0,42	1890,8	15,47	-16,37	960,0	-6,17
	3047	SCB-LFX	0,5112	0,000001	-0,52	2356,1	5,641	-28,14	960,0	-15,53
	3118	SCB-GN-PCT	0,511546	0,000011	-0,51	1948,8	14,3	-21,29	2000,0	4,25
F	2562	AP Mgv 1 (Rio	0,5123	0,000025	-0,36	1287,1	43,8	-6,52	960,0	2,11
	1462	SCB MGV-AG	0,51225	0,000025	-0,35	1409,8	41,4	-7,53	960,0	0,84
	1466	SCB-GN-S-9	0,51134	0,000017	-0,58	1982,9	19,1	-25,24	960,0	-11,32
	933	SCB-GN-MUL	0,51146	0,000029	-0,40	2556,1	44,0	-23,04	960,0	-13,46
	2563	AP-MGV 16	0,51204	0,000022	-0,42	1542,2	31,8	-11,76	960,0	-1,66
G	2569	AP-GR-ESP 18	0,51143	0,000014	-0,51	2087,0	17,8	-23,51	580,0	-16,05
	1279	SCB- Gn-USM	0,51213	0,000025	-0,40	1446,8	36,9	-9,97	580,0	-4,10
H	2567	AP-GR-AR-14	0,51166	0,000012	-0,49	1860,8	16,2	-19,12	600,0	-11,74
	1589	SCB-GR-SLO	0,51154	0,000009	-0,49	2022,3	12,5	-21,46	600,0	-14,07
	2865	AP-GR-70	0,51149	0,000014	-0,55	1891,0	16,6	-22,32	600,0	-14,06
I	2571	AP-SL-10	0,51156	0,000014	-0,29	3125,2	31,3	-20,95	600,0	-16,63
	1278	SCB-GR-CSL	0,51161	0,00001	-0,27	3146,1	26,0	-20,11	600,0	-15,98
J	2565	AP-GR-M1	0,51164	0,000015	-0,32	2722,2	30,5	-19,39	500,0	-15,43
	2566	AP-GR-M3	0,51165	0,000014	-0,34	2557,4	26,1	-19,35	500,0	-15,09
	2570	AP-GR-ALA 27	0,51198	0,000013	-0,03	---	---	-12,87	500,0	-12,55

co” local).

Dados Sm-Nd deixam claro a formação híbrida do batólito, com valores de T_{DM} paleoproterozóicos (1,8 a 2,0 Ga) e valores de $\epsilon Nd_{(600Ma)}$ bastante negativos, entre -11,0 e -14,0, o que sugere presença de protólitos derivados do embasamento (do TAP).

(c) Colônia Sta. Lucia, Mamanguape. As rochas graníticas ocorrentes em Mamanguape-Currallinho - “As Alagoas” e Colônia Santa Lúcia (centro-sul da Folha Guarabira) são caracteristicamente leucocráticas a duas micas (e granada), com preponderância de muscovita (primária, bem formada e secundária) e apresentam, textura xenomórfica a xenoblástica. Tratam-se de leucogranitos peraluminosos, composição sienogranítica predominante, muscovita onipresente. Eles se assemelham aos clássicos S-colisionais, o que é ratificado pelos dados isotópicos, sugerindo fusão crustal do embasamento do TAP.

Os dois únicos dados disponíveis de T_{DM} indicam valores muito elevados, dos mais elevados de toda Província Borborema, ca. 3,1Ga, e os valores de ϵNd (calculados para o Neoproterozóico) são fortemente negativos, entre -15,0 e -17,0. São valores surpreendentes, pois não se conhece ocorrências de rochas do Arqueano em toda a Zona Transversal da Borborema, nem resultados isotópicos de rochas graníticas similares a estas.

Esta constatação, granitos de afinidades colisionais, com fusão do embasamento do TAP, deve de imediato ser confrontado com aquele caso absolutamente distinto, dissertado abaixo para os tonalitos de Curral de Cima. Preexistem determinações Rb-Sr para estes corpos (riquíssimos em Rubídio) feitos por Brito Neves *et al.* (inédito), que foram reunidos uma “errocrona” apontando idade 540 Ma (erro elevado, sem controle adequado para razão inicial), adotada como referência de tempo para o final da colisão no Brasileiro (e que são idades compatíveis com alguns dados Ar-Ar da parte oriental do LP).

(d) O *stock* de Curral de Cima é corpo pequeno e alongado, equigranular, de composição tonalítica-granodiorítica (a que se somam vários outros similares dentro do LP) que se destaca por apresentar *clots* alinhados de hornblenda e biotita. Tratam-se de rochas tonalíticas, granodioríticas e quartzo-dioríticas (tipo *arc related*). Em parte, apresentam-se cisalhados pelo LP. Apresentam valores de T_{DM} de ca. 1,5-1,3 Ga e valores ϵNd positivos e/ou muito fracamente negativos. Contrastam fortemente com aqueles de Mamanguape e Colônia Sta. Lúcia que estão cerca de uma dezena de quilômetros mais ao sul e sudeste. Isto é diferença importante, em espaço geográfico-geológico tão restrito, e digno de nota, e de tema para investigações futuras em escala de detalhe. Para este corpo – por suas características especiais – foi feita determinação U-Pb em zircão, sendo obtida uma idade de $623 \pm 4,1$ Ma. Ao longo de toda “Depressão de Pedro Régis” há muitas outras ocorrências de *stocks* granodioríticos afins deste de Curral de Cima.

(e) Dignos de menção são os (meta) granitói-

des similares em composição àqueles de Mamanguape, mas com textura milonítica e protomilonítica, já mencionados, tipo “Rachinha” que acompanham a borda norte do TAP (vide Brito Neves *et al.* 2001b), utilizados como pedras de revestimento. Um tema sugestivo de pesquisa futura seria investigar o contraste, ou traçar um paralelo, entre estes granitóides brasileiros de Mamanguape (de T_{DM} bastante elevados, idade neoproterozóica), mais ao sul, e aqueles da tipologia “Rachinha” (cujos dados isotópicos indicam idades eoneoproterozóicas, do evento “Cariris Velhos”), mais ao norte. O significado e a relação entre ambos (podem representar fenômenos absolutamente distintos no tempo) são problemas em aberto e sedutores.

Coberturas

BACIAS COSTEIRA RGN-PB-PE Não existem afloramentos conspícuos das unidades estratigráficas desta bacia costeira na folha de Guarabira, estando seus sedimentos do Cretáceo quase sempre acobertados pelo Grupo Barreiras, pelas “Areias Brancas” e/ou por elúvios de difícil identificação. Há alguns afloramentos esparsos e restritos da Formação Beberibe, e esta unidade pode estar ocorrendo amplamente sob coberturas diversas. Esta constatação é absolutamente nova, posto que jamais esta unidade foi cartografada na folha Guarabira e adjacentes a leste e oeste, e isto seria plenamente possível em escalas maiores. Complicador deste quadro é o contingente notável de falhamentos modernos, pós-Cretáceo e pós-pleistocênicos (cortam o Barreiras), cuja repercussão imediata é o escalonamento de patamares/platôs sedimentares, já dissertados nos itens iniciais e nas figuras 1 a 4. As linhas de falhas (WSW-ESE) que alinham os rios Miriri, Mamanguape, Gupiúna, Camaratuba (LP), Duas Estradas etc. são de grande importância neste sentido.

As raras exposições do embasamento pré-Cambriano entre Recife e Natal (ao longo da BR-101) estão nas folhas de João Pessoa e Guarabira, e nesta justamente no bloco alto da falha de Mamanguape (também na zona de falha/*talweg* do Rio Miriri, e no *talweg* do Camaratuba, na estrada para Jacaraú, PB-071). Ali se expõem rochas de natureza metagrauquíticas (do TAP), nas vertentes dos rios mencionados, e um conjunto de rochas graníticas (tipo Mamanguape na BR-101 e tipo Curral de Cima na PB-071).

Para os sedimentos desta bacia há trabalhos recentes de revisão, de caráter mais amplo, com respaldo em sondagens elétricas e poços tubulares, entre João Pessoa-PB e Touros-RN, conduzido por Feitosa *et al.* (2002) e Barbosa *et al.* (2002), os quais dissertam o quadro litoestratigráfico presente e a sua compartimentação estrutural, a qual obedece àqueles falhamentos diagonais à costa já mencionados. Estes trabalhos, recomendados para leitura, liberam os presentes autores de detalhamentos sobre a Bacia. Há vários outros trabalhos de síntese para esta bacia, entre já publicados, e inéditos (dissertações de mestrados e teses de doutora-

mento) a serem consultados. Mas, no desenvolvimento desta pesquisa, vários problemas estratigráficos foram detectados, ainda em aberto, principalmente no tocante os domínios de ocorrência da Formação Beberibe

O “Alto de Mamanguape”, cuja expressão em campo foi mencionada, em sub-superfície é apontado como o limite provável entre a extensão para o sul da Bacia Potiguar (os carbonatos da Formação Jandaira são por ele bruscamente truncados) e a Bacia Pernambuco-Paraíba (que tem sua unidade Beberibe Inferior barrado pelo alto, que se deixa ultrapassar pela Unidade Beberibe Superior, que segue para norte até o Alto de Touros). Esta unidade, Beberibe Superior, como já comentado, tem esparsas áreas de afloramento na Folha Guarabira (cuja extensão/expressão em cartografia geológica carece ser feita). Uma série de altos do embasamento foi identificada no trabalho de Feitosa *et al.* (2002), como Mamanguape, Goianinha, Nísia Floresta, Macaíba-Parnamirim, até o alto de Touros (que delimita os depósitos advindos de Pernambuco e Paraíba).

UNIDADE / COMPLEXO (PARA) ESTRATIGRÁFICA PIRIRI DO VIGÁRIO –UEPV A Unidade Estratigráfica Piriri do Vigário – UEPV - (designação informal aqui introduzida), cobre a parte centro oriental da Folha de Guarabira. Subjacente ao Grupo Barreiras está sobreposta aos ortognaisses cisalhados do TAP, principalmente no trecho a leste do *horse tail* originado na zona de falha Galante-Serra Redonda. Esta unidade está moldada na forma de tabuleiro, cerca de até 100m acima do nível de cotas do cristalino peneplanizado (as “chãs”), se ajustando às frações de tabuleiros dos sedimentos costeiros (patamar de Maripitanga-BR 101, ca. 200m), sobre o qual algumas estruturas circulares quilométricas são facilmente detectadas – (detectadas melhor em aerofotos 1/70 000).

Destaques adicionais são a sua composição litológica complexa (diversificada), origem problemática, idade discutível (posição pré-Barreiras?), e mais ainda, processo evolutivo. Sob a parte mais interior desta cobertura estão anomalias magnetométricas e gravimétricas importantes, sendo que a extensão lateral da unidade excede em muito o domínio das zonas anômalas. A UEPV extrapolou a área das suas prováveis rochas fontes sotopostas.

A complexidade desta unidade se revela francamente ao nível meso e macroscópico (análise de campo) e mais ainda quando se recorre à microscopia e às análises geoquímicas, quando se recorre às escalas de detalhe. Para o momento serão focados aspectos descritivos gerais e ter de aguardar com humildade e cautela os estudos posteriores (furos estratigráficos são imprescindíveis para tal). É preciso avançar passo a passo, com outros recursos da geologia de superfície (minerais pesados, sedimentos de corrente) e de sub-superfície (furos, já em realização pela mineradora que requereu a área), inclusive da intensificação da pesquisa geofísica.

Descrição macroscópica e microscópica preliminar da UEPV De um total de 38 amostras coletadas na região de Itapororoca e arredores para uma descrição preliminar meso e microscópica três grandes grupos foram distinguidos a saber: i) Grupo I, constituído por amostras de materiais altamente alterados; ii) Grupo II de amostras alteradas e iii) Grupo III constituído de amostras não alteradas. Cada qual desses grupos analisados microscopicamente apresentaram semelhanças estruturais, com particularidades no contexto textural e composicional.

No Grupo I distingue-se matriz de composição silicática extremamente fina (sílica criptocristalina). Em lâmina observa-se quantidade significativa de material marrom, variando em de tonalidade para porções mais escuras em uma faciologia a feições mais claras em outra. Essas coexistem com diversos minerais primários constituintes, os quais exibem oxidação e o principal mineral identificado é a goethita. Tal matriz possui composição poliminerálica (muitos opacos como magnetita exsolvida com ilmenita). Estas estruturas são frequentemente perpassadas por microveios de sílica indicativos de fluxo em textura microcristalina fina. Em observação microscópica este fluxo exerce orientação em alguns macro-grãos de quartzo (bem cristalizados) onde alguns destes exibem feições de corrosão.

Em algumas das laminas petrográficas destas rochas foi observada com certa constância, textura do tipo mitocondrial (delimitação provisória na ausência de termo mais adequado). O cenário predominante neste caso consiste de grãos de quartzo na amostra, isolados e com morfologia ovalada, alongada e eventualmente em feição semelhante a “micritico”. Em visão microscópica estes fragmentos encontram-se subdivididos formando espécie de “puzzle”, com seus contatos preenchidos por um material amarelo esverdeado não identificado tanto em luz natural como polarizada.

Pertencem ainda ao Grupo I feições macroscópicas interessantes. Por exemplo, na fonte e piscina da cidade Itapororoca, foram encontrados diversos blocos de material intemperizado exibindo sob todos os aspectos possíveis indicação de se tratar de “bombas vulcânicas” (matriz fina, indicação de ejeção, fraturamentos radiais, indícios de resfriamento rápido etc.). Nesse mesmo grupo, na porção superior formada pela unidade encontra-se frente 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, visto que os seixos de quartzo leitoso são arredondados e maciços, indicando proveniência de atividade fluvial, provavelmente amealhados quando da instalação desse derrame vulcânico.

O Grupo II apresenta matriz microfibrosa em luz natural, de aspecto microcristalino fino contendo minerais em início de oxidação (cores marrons escuras e claras) em contato direto com microveios de quartzo dispersos cortando irregularmente a matriz desse material, o que lhe confere aspecto de movimento vulcânico com certa plasticidade. Diversos minerais opacos ocorrem nesta matriz sendo os principais e prontamente

identificados, magnetitas que exibem exsolução com ilmenita. Parte destes opacos exibe corrosão mecânica e não química, demarcados pela matriz que denota ser constituída predominantemente por hidróxidos de ferro onde goethita é o mineral de destaque neste caso. Nesta estrutura são destacadas cavidades cujas bordas encontram-se preenchidas por quartzo microcristalino. Neste caso, tais amostras exibem textura fortemente microcristalina, destacando-o das características menos expressivas nesse aspecto apresentados pelos outros materiais aqui analisados (amostras do Grupo I e III).

Nas amostras definidas como alteradas (Grupo II), evidencia-se com bastante nitidez preservação de estruturas primárias de deformação, provavelmente metamórfica, as quais sugerem serem produzidas movimento da matriz em estado plástico (movimento de rotação de minerais no interior da matriz sugerindo fluxo desses) como pode ser observado nas diversas lâminas analisadas. Este aspecto é dado por fragmentos de magnetita exsolvida com ilmenita, rotacionados e parcialmente “pulverizados”, adquirindo em seção delgada habito circular o que se pressupõe sejam esféricos tridimensionalmente. O Grupo III exibe em quase totalidade das amostras de lâminas analisadas, matriz com ausência de material matricial e fundo de coloração avermelhada, seja escura ou clara (indicando inexistência de processo de oxidação dos minerais ou matriz aí existentes) o que os distingue bastante dos outros dois grupos.

A maioria das lâminas é composta de minerais opacos ocupando parte importante da massa matricial, levando a sugestão de que essa matriz encontrava-se em estado plástico quando da formação dessa textura. Tal evidencia tem sustentação quando analisados os microveios de quartzo os quais exibem diversas interseções de microveios sendo cortados uns pelos outros em clara relação cronológica de posterioridade, o que confere clara relação de varias etapas de injeção de sílica na construção desse tipo litológico. Por outro lado microveios compostos também de sílica microcristalina cortam a matriz microcristalina de sílica, sugerindo remobilização e reinserção de sílica em condições fluidas, em uma matriz mantendo certa plasticidade.

Algumas considerações genéticas sobre o material (do UEPV) analisado O cenário apresentado pelas diversas texturas e estruturas observadas tanto na escala microscópica como macroscópica, embora sejam meramente descritivas e em alguns casos sugeridos termos para algumas destas feições; permite-se, respeitando este aspecto, adiantar considerações de ordem genética no que se refere ao (s) processo (s) de formação da UEPV.

Se por um lado há forte tendência de se inferir indicio de fragmentação (evento termo-sísmico-magmático) para as amostras portadoras de textura de aspecto “mitocondrial” (Grupo I), visto ser esta feição ser típica de mecanismo magmático, por outro lado, processos metamórficos, em raros casos, podem também promover tais texturas e estruturas concernentes as relações de fraturas preenchidas e feições sobre alguns

minerais (caso do quartzo micritico). Embora estas estruturas e texturas sejam preferenciais de um ou outro grupo aqui descrito, a divisão em grupos foi construída em um cenário de campo visto que todos as amostras coletadas pertencem, em princípio, a uma mesma variedade de material litológico, sendo esse, mais ou menos modificado por diversos processos (ora com vocação tectono-magmatico-metamórfico, ora com vocação intempérico-geoquímico).

Diversas evidências de remobilização de sílica gerando microveios permitem sugerir eventos cronológicos distintos de injeção de sílica no sistema constituído por este material litológico e esses, indicam também os diversos sentidos (direção) desses fluxos notados nas diversas lâminas analisadas. Em tal contexto, esses eventos poderiam ter ocorrido de modo simultâneo ou mesmo não síncronos. A homogeneidade apresentada pela composição mineral, o aspecto textural e estrutural desse material indicam a possibilidade dos mesmos terem se formado às expensas de processos magmáticos ou metamórficos ou ambos, o que tende a excluir a possibilidade de provirem de um mecanismo do tipo intempérico geoquímico. Do ponto de vista magmático, o processo mais provável conduz a uma origem hidrotermal, com abundante solubilização de sílica, com elevado aporte de flúor e metais. A abundância encontrada de flúor em análises de fluorescência de raios X induz a essa interpretação visto ser este elemento freqüente em processos hidrotermais.

Considerações lito-estratigráficas Na verdade, os litossomas tabulares da UEPV (basculados de 1 a 3 graus para norte e nordeste) reúnem uma série de características, a serem dissertadas, que distinguem e colocam esta unidade além das definições usuais de *duricrust* e *silcrete* (registro de ocorrências também de transformações de ígneas e outros processos exogenéticos). Foram verificados presenças de pelo menos dois níveis de desenvolvimentos de solos (na base e no topo da unidade), e a possibilidade de níveis outros de desenvolvimento de solos (linhas de seixos, pelo menos) na porção média da unidade.

Na parte basal da unidade (localidade de Mendonça e da Destilaria Xuá) verificamos a formação da unidade com preservação nítida de restos do embasamento nela inseridos: frações dos ortognaisses (restos da foliação preservados) e de diques de quartzo, envolvidos no processo de silicificação, qual é recorrente de uma parte a outra da unidade, sintomaticamente em mais de uma etapa.

Os processos de hidrotermalismo são muito importante em diversas frações da unidade, sendo o componente de sílica (teores entre 75% e 93%) mais elevados nas rochas mais sãs, formando algumas rochas onde praticamente toda a massa é silicosa, e onde há recorrência (veios, drusas de quartzo, preenchimento de fraturas abertas em rochas previamente já silicificadas etc.) franca de processos complementares. Há casos/amostras absolutamente transformadas em silexitos.

O registro de atividades sedimentares durante

a evolução da unidade está presente em diversos tipos de brechas (primárias, secundárias intraformacionais) com fragmentos de quartzo, de quartzitos, de palhetas de mica branca, vieiros silicosos, e mais raramente fragmentos de rochas ígneas. Algumas destas brechas lembram àquelas de formação piroclástica, mas não podemos afirmar isto com segurança pela precariedade das observações possíveis em lâmina.

Na Fazenda Mendonça (“empréstimo” rodoviário) e na Faz. Timbó (poço de cerca de 10 m) é possível observar estratos relativamente bem desenvolvidos, o caráter “estratificado” paralelo às linhas do tempo, embora o aspecto maciço e a silicificação preponderante sejam fatores limitantes das observações de feições sedimentares.

A problemática de origem e evolução do UEPV não pode ser encerrada no presente texto, sendo necessário amplo leque de estudos específicos, em escalas de detalhe (em superfície e sub-superfície). Para o momento, temos que nos contentar com sua expressão na geologia regional e as descrições acima consignadas.

Utilizando as premissas do código de nomenclatura internacional para unidades litoestratigráficas (Salvador 1994) e as observações acima, a classificação ideal seria a de “Complexo”. Nem de “formação” e nem de “grupo”, posto que estão consignadas diferentes classes de rochas (diferentemente afetadas), mistura litológica irregular, complicada relações estruturais/temporais entre elas (seqüência original de componentes obscurecidas), e ainda a impossibilidade de se chegar a individualização de rochas ou seqüência de rochas por mapeamento convencional (pelo menos, isto é muito difícil). A posição pré-Barreiras é aparente, obtida do levantamento expedito regional (há restos de conglomerados tipo Barreiras sobre a UEPV), pois a inconsistência dos depósitos do Barreiras não permitiu um contato flagrante, e a extensão regional do UEPV para o sul da folha, como remanescentes mal preservados (Cuité do Mamanguape, Minador de Baixo, Estacada etc.) deixa esta possibilidade em aberto. A escolha da designação UEPV, informal, e para-estratigráfica é a mais cautelosa e a menos inconsistente no momento.

Analisando as diversas propostas estratigráficas para o Grupo Barreiras verificam-se divergências irreconciliáveis, mesmo nas áreas com controle de sub-superfície. A proposta mais moderna (diversos autores da Petrobrás, reunidos por Moraes & Alkmim 1998) ali apresentada coloca o Barreiras no Neomioceno-Plioceno, sobrejacente à Formação Tibau (onde há vulcanismo basáltico alcalino importante, idade paleógena-eoneógena). No momento, o pensamento dos autores é no sentido de algum tipo de vinculação entre o magmatismo Macau (Eoceno-Oligoceno), ocorrente na parte oriental da Borborema, e os processos precursores/criadores do UEPV. Mas, isto carece investigação complementar.

É necessário se aguardar os resultados das sondagens (em processo na área) para melhor conhecimento da unidade. Por enquanto, as melhores secções-tipo são aquelas ao longo das estradas Itapororoca, Cam-

pinas, do Riacho Timbó (parte mais elevada do platô de Piriri do Vigário) para a Fazenda Formigueiro e do ramal que daí vai para o sul para Quatigereba (Concris, centro da estrutura circular maior). Nas localidades de Mendonça (empréstimo rodoviário) e nas imediações da Destilaria Xuá há perfis excelentes da parte basal da unidade, com silicificação de rochas do embasamento (migmatitos).

Nos cimios do platô de UEPV, encontramos localmente restos de ferricrete conglomerático, o que pode apontar UEPV como substrato para unidade UPEN (a ser discutida), mas estas são observações preliminares, não conclusivas.

UNIDADE PEDOESTRATIGRÁFICA ENGENHO NOVO (UPEN) A unidade pedoestratigráfica Engenho Novo (Brito Neves *et al.* 2005), recentemente proposta, aparece na Folha Guarabira, sob os sedimentos mesozóicos e cenozóicos (formando uma sapata sobre o embasamento) nos *talwegs* dos vales principais (Mamanguape, Camaratuba) e na parte mais ocidental do tabuleiro de Capim-Cuité do Mamanguape, na forma de ferricretes conglomeráticos (e/ou de cascalheiras desmanteladas), sendo algumas vezes difícil sua separação cartográfica do Barreiras. Esta unidade pedogenética de idade ainda desconhecida (pré-Barreiras? Pré-Beberibe?) que acoberta clara e extensivamente o embasamento pré-Cambriano s. l., ocorre ocasionalmente como remanescentes ferruginosos conglomeráticos, bem no topo da fração de tabuleiro (ca. 200m) soerguida e sustentada pelo UEPV (pós UEPV), na região entre Timbó e Quatigereba. O estudo desta unidade pedogenética e de sua idade está em processo e são as poucas ocorrências cartografadas até o presente na folha Guarabira, mas é necessário enfatizar sua notável extensão e preservação na Folha Sapé, ao sul.

Da fronteira de Paraíba com Pernambuco ao sul (cidades de També, Juripiranga e Ferreiros) até a fronteira da Paraíba com o Rio Grande do Norte, esta unidade pedogenética ocorre, em todo o leste da Paraíba, em grande parte sobre rochas do embasamento (TAM e TAP), e em parte ocorre lastreando os sedimentos da Bacia Costeira. Nenhum trabalho anterior nesta região há menções sobre UPEN, de grande importância, não só pela extensão geográfica, mas principalmente pelo significado no contexto da evolução geomórfica da Província como um todo. O trabalho de preliminar de Brito Neves *et al.* (2005) é exclusivo, mas não conclusivo e carece de continuidade.

GRUPO BARREIRAS A farta bibliografia e as frequentes revisões do Grupo Barreiras (vide Alheiros e Lima Filho 1991), entre outros, com descrição de fácies areníticos-conglomeráticos aparentemente nos exime da necessidade de novas considerações, pois não foram encontradas novidades no cartel lito-estratigráfico geral (salvo quanto às possibilidades de ocorrências, já comentadas, da Formação Beberibe no contexto diferenciado dos tabuleiros). No Barreiras predominam depósitos areno-argilosos, de sistemas fluviais entrela-

çados, interagindo com leques aluviais distais. Trata-se de sistemas fluviais de baixa a alta sinuosidade, com influências locais de fácies litorâneas e de planície de maré (estas não foram detectadas na folha de Guarabira). São, em geral, depósitos de areias quartzosas e subarcoseanas, com feldspatos argilizados, muitas vezes variegados (cores diversas dependendo do nível de oxidação), intercalados com níveis argilosos (caulinita predominante) e de siltitos de dimensões decimétricas. Na base dos tabuleiros, nas vertentes dos vários rios regionais aparecem níveis conglomeráticos com matriz areno-argilosa, monomítico que pode atingir até 10 m de espessura.

A separação cartográfica concreta e correta do Grupo Barreiras das unidades sotopostas (UEPV, UPEN, Formação Beberibe) só será possível em escalas de mapeamento de 1/50 000 e superiores.

O que deve ser destacado são as variações de espessuras nos diferentes patamares, de diferentes cotas, que foram observados de sul para o norte, da Folha de Sapé (sul) para a folha de S. José do Mipibu (norte), todos eles (patamares e espessuras) condicionados pelo jogo de falhas. Isto é algo que jamais foi dissertado, e pode ter implicações diretas na distribuição/colocação do Barreiras e do Beberibe.

Como já descritos, há patamares de cotas de 100m com espessuras modestas do Barreiras, até 30-40m, como aqueles da BR-230, na folha Sapé ao sul, e aquele na mesopotâmia Mamanguape-Miriri (entre Capim e a BR-101). Há patamares na cota de 200m, com espessuras do Barreiras (+ Beberibe?) de até 100m, como aqueles dos altos cursos dos riachos Palmeira e Curralinho (nordeste da folha de Sapé, ao sul do Patamar Capim-Br-101, e aquele de Maripitanga-alto curso do riacho Barro Branco, ao norte de Mamanguape etc., conforme já abordado no item da geomorfologia. Esta disposição de distintos patamares, com interveniência de falhamentos (rios orientados) pode está mascarando ocorrências/exposições da Formação Beberibe (sob-Areias Brancas), e só a cartografia de detalhe pode definir estes fatos.

Toda parte mais oriental do terreno SJC (parte oriental do RGN) está coberta por sedimentos (Grupo Barreiras ?), como já descrito, no patamar de Jacaraú, que pode ser ainda subdividido (zonas dentro da “depressão de Pedro Régis” e ao norte dela). Ou seja, é possível reconhecer o patamar mais ao norte (Jacaraú-fronteira PB-RN, com cotas superiores a 250m em alguns pontos, e ca. 200m em outros) e outro mais ao sul, Rio Pitanga (geralmente <200m). As Areias Brancas cobrem especialmente as áreas mais elevadas da porção norte, mas também se encontram presentes mais para oeste, por sobre o embasamento, tudo isto reclamando mapeamento em escalas maiores.

“AREIAS BRANCAS”, CASCALHEIRAS, ALUVIÕES (a) As “Areias Brancas” se dispõem sobre o Grupo Barreiras e unidades subjacentes em várias áreas. Observáveis facilmente ao longo da BR-101 (norte de Mamanguape) e da rodovia PB-071 (para Jacaraú).

Para separá-las cartograficamente dos sedimentos subjacentes é um pouco difícil, carece detalhamento, como já mencionado. Trata-se de uma unidade lito-estratigráfica informal, de provável origem elúvio-coluvionar, carente de mapeamento e de estudos específicos. As explicações vigentes usuais em muitas referências anteriores como “podzol” ou como produtos de intemperismo do Barreiras (e/ou de arenização da Formação Beberibe da Bacia Costeira), terraços marinhos etc. Mas, todas estas são observações tão genéricas como incompletas e cuja fundamentação requer muitas etapas de pesquisa para o futuro, caso a caso. Circunstancialmente, a oeste de També, folha de Sapé, ao sul, estas “areias brancas” recobrem embasamento de rochas graníticas (onde claramente é eluvional).

Em geral, nos tabuleiros mais elevados há ocorrências de “Areias Brancas”, geralmente areias brancas (por vezes amareladas e até avermelhadas) de possanças inferiores a 10m. Na Folha Guarabira elas ocorrem abundantemente nos patamares de Maripitanga e Jacaraú (neste caso, ocupando os topos). Ao largo da reserva indígena Potiguara, norte de Mamanguape, as ocorrências são muito expressivas. São areias geralmente claras, uniformes, bem selecionadas, com menos de 20% de silte e argila. Só muito localmente apresentam estratificação, marcada por vários níveis de solos orgânicos e discordâncias sub-paralelas, com presença inclusive de estilólitos. Muito provavelmente estas areias são provenientes de distintas fontes e processos. Reitera-se aqui a necessidade imperiosa de se estudar caso a caso.

(b) Comumente, as manchas residuais de UEPV (e /ou de UEPN) ocorrem sobre as rochas do embasamento (sobre as “chãs”), com a presença de tapetes de clastos (cascalheiras oligomíticas, blocos de quartzo, de arenitos, de sillexitos etc.), evidenciando a ação de processos coluvionares tardios, com remobilização (remoção e re-sedimentação moderna) de seus primeiros elementos litogenéticos. Nestas áreas atapetadas de clastos (sillexitos, quartzo etc.) costuma fluir água subterrânea (vadosas de aquífugo, águas suspensas), ou seja, as zonas de contatos sempre muito úmidas. Várias ocorrências de cascalheiras foram observadas ao sul das áreas do UEPV (e do UEPN) discriminadas no mapa da Fig. 1. Algumas ocorrem mais ao norte e ao sul da área principal do UEPV, em cotas entre 80 e 100m. A correlação destes níveis de cascalheiras pode ser feita com a UEPV (restos) ou com restos da UPEN, e não há termo conclusivo sem mapeamento de detalhe para o futuro.

Os aluviões são expressivos nos principais rios regionais, especialmente no Camaratuba (que é um grande colimador de águas subterrâneas) advindas dos altos dos platôs sedimentares. Mas também ocorrem no Mamanguape, onde a planície aluvial atinge cerca de 6 km de largura, no leste de Mamanguape, sendo predominantes associações areno-argilosas.

Por fim, é preciso reiterar que os quadros lito-estratigráfico e crono-estratigráfico dos sedimentos fa-

nerozóicos em geral, nas Folhas de Guarabira e Sapé (e na faixa costeira como um todo) imprescindem de refinamento. Os trabalhos de Barbosa *et al.* 2002 e Feitosa *et al.* 2002 e várias sínteses anteriores originadas na UFPE e UFRN têm sua validade, mas há muitos problemas em aberto, inclusive de cartografia geológica básica.

As unidades UEPV e UEPN não têm idades conhecidas de fato, a atribuição de Barreiras ao Neomioceno-Plioceno carece de melhor fundamentação (paleontológica, por exemplo). A Unidade “Areias Brancas” é tema absolutamente aberto e amplo para estudos de procedência, gênese e idade (estratigrafia, de modo geral), com várias possibilidades de abordagem. O entendimento das crostas ferruginosas tipo UPEN, que de certa forma pode servir como marcadores geomorfológicos e estratigráficos, é absolutamente incompleto.

MAGNETOMETRIA O estudo magnetométrico utilizou o aerolevantamento 2019 da Companhia de Pes-

quisas de Recursos Minerais (CPRM)/NUCLEBRÁS/LASA (1976), denominado “Projeto Esperança”, e que cobriu a área de 36° 25' W – 35° 25' E ; 6° 00' N – 8° 00' S, que se encontra a leste dos estados da Paraíba e do Rio Grande do Norte. As medidas foram efetuadas pela LASA, no período novembro de 1975 a março de 1976. Infelizmente, o levantamento 2019 não cobriu totalmente a área de interesse, ficando descoberta a metade oriental da mesma. Observa-se no detalhe da figura 5 que no extremo leste a anomalia em correspondência à unidade Piriri do Vigário está truncada.

O comprimento total dos perfis percorridos foi de 19.170 km, com um intervalo de amostragem de 1 s. Os perfis, espaçados entre si de 1 km foram percorridos na direção N-S sendo de 150 m a altura nominal de voo. As linhas fiduciais foram percorridas na direção E-W com espaçamento relativo de 20 km. O levantamento cobriu uma área de 19.000 km².

Os dados disponibilizados pela CPRM são representados na figura 5A. Observa-se a anomalia mag-

Figura 5 - Localização e detalhamento da anomalia magnética na área de estudo em relação ao aero-levantamento 2019 da CPRM. (A) Anomalia magnética do Projeto Aerogeofísico Esperança, sob forma de relevo com iluminação de 135° de azimuth e 80° de inclinação. Ao sinal medido com aeromagnetômetro de prótons, modelo G-803 da Geometrics, foram aplicadas as correções de variação da altitude de voo e das variações diurnas medidas na base. As coordenadas são fornecidas na Projeção Equatorial de Mercator. Os valores sobre toda a área variam no intervalo de 25.500 nT a 26.750 nT. A área quadrada, demarcada no centro da borda oriental é sítio do detalhamento gravimétrico, onde se encontra a denominada anomalia de Itapororoca, com características 3D. (B) Detalhe da componente magnética da anomalia de Itapororoca, que apresenta polaridade normal.

nética residual na região coberta pelo Projeto Esperança, sob forma de relevo sombreado, com uma iluminação direcional tendo 135° de azimuth e 80° de inclinação, valores geralmente utilizados para realçar os gradientes. A interpolação foi feita sobre uma malha regular, utilizando o algoritmo da mínima curvatura, através do aplicativo SURFER da “Golden Software”. Verificam-se feições geológicas de interesse com marcante distinção dos terrenos Rio Grande do Norte (ao norte) e Alto Pajeú (ao centro) separados pelo Lineamento de Patos (LP), e o terreno Alto Moxotó (ao sul). As interpretações geológicas e geocronológicas prévias ao levantamento são corroboradas pela resposta aeromagnética.

A região de detalhamento gravimétrico é assinalada pelo retângulo na mesma figura, ampliado ao lado. Destaca-se nesse retângulo (Fig. 5B) uma anomalia bipolar, localizada no extremo leste do levantamento, e a norte de Itapororoca, que é a resposta magnética característica de corpos com geometria 3D. Infelizmente, por estar no limite do levantamento, é possível apreciar o registro magnético dessa importante anomalia apenas de forma qualitativa. Na figura 6 foi antecipada uma sobreposição do campo anômalo magnético residual (sombreado) com amplitude de 140nT com o campo anômalo gravimétrico a ser descrito nas páginas seguintes. A Unidade Piriri do Vigário se situa ao redor e sobre a junção dos dois levantamentos.

GRAVIMETRIA

Levantamentos Efetuados O levantamento gravimétrico, executado especificamente para o estudo do corpo em correspondência da anomalia anteriormente mencionada, percorreu, estradas, vias secundárias, trilhas e caminhos, resultando num levantamento de semi-detalle. A região levantada abrange uma área muito maior daquela representada na figura 6, uma vez que a análise dos dados requer um bom conhecimento do campo regional. As medidas foram realizadas com um gravímetro LaCoste & Romberg, modelo G com níveis eletrônicos e painel de leitura eletrônica, e munido de um dispositivo analógico de re-alimentação, que permite obter precisão da ordem de 0,04 μ Gal.

Para a medida da altitude de cada estação (vide Fig. 7) utilizou-se o método barométrico com base fixa. Todas as medidas foram referidas à Rede de Nivelamento do IBGE, e a metodologia utilizada é descrita adiante em detalhe.

Todas as medidas gravimétricas do levantamento aqui descrito foram referidas à RGFB tomando como referência a EG de João Pessoa “B” (PB) implantada pelo Observatório Nacional em correspondência à Referência de Nível (RN) 396-A do IBGE (47,36 m s.n.m.), localizada na soleira da Catedral Metropolitana Nossa Senhora das Neves, na Praça Dom Ulrico (RF0060), tendo como valor $G = 978135.483$ mGal. Para fins de controle, foi reocupada a EG de Goiana “B” (RF0061) na cidade de Goiana, tendo como valor $G = 978151,310$ mGal.

Para fins de viabilização na logística, efetuou-se transporte da estação de referência RF0060 para Guara-

Figura 6 - Superposição do campo anômalo magnético residual (sombreado) com amplitude de 140 nT, após subtraída a componente do Campo Geomagnético de Referência Internacional (IGRF) com o campo anômalo gravimétrico (linhas de contorno) na área de destaque. As coordenadas estão na Projeção Cônica de Mercator referida ao Datum de “Córrego Alegre”. Observa-se a continuidade da anomalia gravimétrica na porção onde aquela magnética foi truncada em vista do limite do levantamento aéreo. Os pontos correspondem à localização das estações gravimétricas.

Figura 7 - Esboço das estações gravimétricas implantadas com as principais localidades (cidades/vilas regionais) para referência.

bira, Itapororoca, Mamanguape e Araçagi (Tab. 2).

As referências de nível (RN) utilizadas na região, implantadas pelo IBGE (Tab. 3) serviram de base

Tabela 2 - Valores de gravidade de referência

Tabela I	Valores de referência (mGal)	Estação
RF0060	978135.510	João Pessoa “B” (PB)
RF0062P	978076.889	Guarabira (PB)
RF0063P	978098.683	Itapororoca(PB)
RF0064P	978121.401	Mamanguape(PB)
RF0065P	978090.057	Araçagi(PB)

para o levantamento altimétrico por barometria. A altitude foi medida em correspondência a cada estação gravimétrica levantada.

As bases altimétricas, para áreas num raio inferior a 30 km e desníveis altimétricos inferiores a 200 m, foram transportadas da RN mais próxima (Tab. 2) para o local onde eram efetuadas medidas de altimetria por pressão atmosférica, umidade e temperatura a cada 10 minutos.

Para a base fixa foram utilizados dois altímetros

barométricos digitais “Air-DB Intellisensor” e um altímetro analógico Thommen enquanto que, na estação móvel, foram utilizados dois altímetros Thommen e um altímetro digital portátil da Intellisensor, modelo manual. Seja na base fixa como na estação itinerante, as medidas de temperatura e umidade utilizaram psicômetros de aspiração da marca Yope, efetuando-se leituras de temperatura com o bulbo seco e úmido. A distribuição dos erros para esse método de medida, tem como desvio padrão aproximadamente 0,5 metros, representando menos de 0,2 mGal na medida de g (McLintock *et al.* 1994). Note-se que a incerteza na medida da altimetria, de muito supera as demais envolvidas no cálculo da propagação de erros.

O desvio padrão médio calculado para a medida de altimetria do presente levantamento foi sempre inferior a 1m e em poucos casos ultrapassou os 3 metros (que correspondem a um erro de 1 mGal na medida gravimétrica). As medidas que apresentaram erros superiores a esse valor foram repetidas ou omitidas do conjunto final.

Ao todo foram implantadas 548 novas estações gravimétricas que somadas àquelas existentes levantadas pelo Observatório Nacional (ON; 156) e pela Uni-

Tabela 3 - RN's do IBGE, utilizadas no levantamento altimétrico por barometria.

LON	LAT	ALT	RN	Local
-34.8597	-7.1269	47.5934	396-A	Joao Pessoa –Igreja Matriz
-35.5450	-6.9500	133.9636	437-S	Alagoinha- Igreja Principal
-35.1253	-6.8383	35.8048	450-U	Mamanguape- Igreja Matriz
-35.0769	-6.8064	11.9047	450-Z	Rio Tinto –Igreja
-34.8094	-7.4706	3.7267	2444-E	Pirpirituba- Igreja
-35.4908	-6.8536	97.5891	2463-P	Guarabira –Igreja
-35.4881	-6.8583	87.0436	2463-R	Guarabira- Estação Ferroviária
-35.3786	-6.8525	57.6659	2463-X	Araçaji- Igreja
-35.2475	-6.8286	81.9124	2464-H	Itapororoca- Igreja
-35.4439	-6.6878	331.3543	2465-F	Serra da Raiz- Igreja
-35.3789	-6.6736	154.9029	2465-H	Lagoa de Dentro-Igreja
-35.2917	-6.6153	199.5597	2465-S	Jacaraú -Escola Sen. Rui Carneiro
-35.2378	-6.6950	57.0471	2465-X	Ponte sobre o Rio Camaratuba
-35.0511	-6.6008	14.9454	2466-H	Mataraca –Igreja Principal
-35.3164	-7.0606	143.5876	2467-U	Mari- Igreja Principal

versidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN; 296) constituem uma base de dados com 1.000 estações (vide Fig. 7). O conjunto de medidas gravimétricas se distribui numa área total de cerca 650 km², com espaçamentos da ordem de 5 km nas áreas mais afastadas e de 250 m sobre o corpo de Itapororoca. Em correspondência a esse corpo onde se efetuou o detalhamento foram implantadas mais de 200 estações.

O cálculo das anomalias de gravidade em cada ponto de medida levou em consideração as medidas de “g”, da altitude, do efeito de maré sólida, e o valor teórico da gravidade calculado para o geóide de referência.

A gravidade de referência é definida pela chamada Fórmula Internacional da Gravidade de 1967 (equação 1),

$$\gamma(\varphi) = 978031.85 (1 + 5.278895 \cdot 10^{-3} \sin^2 \varphi + 2.3462 \cdot 10^{-5} \sin^4 \varphi) \text{ mGal} \quad (1)$$

onde φ é a latitude geodésica da estação gravimétrica.

A anomalia Bouguer é calculada pela expressão (equação 2):

$$\Delta g_B = g_{\text{obs}} - \gamma(\varphi) + 0,3086 - 2\pi G\rho \cdot h \quad (2)$$

No presente levantamento, não foi aplicada a correção de relevo em vista da topografia pouco acidentada na região de interesse.

Na figura 7 apresenta-se a anomalia Bouguer simples (regional), após ter sido subtraído o efeito da placa de Bouguer, considerando-se $\rho=2,67 \text{ g/cm}^3$ a densidade média da topografia acima do nível do mar. Nessa figura, observa-se a distribuição das estações gravimétricas levantadas, e em destaque a área de detalhamento sobre o corpo de Itapororoca. Na figura 8 está representada a anomalia de ar livre, e na figura 9 está o mapa em detalhe de Bouguer para a área enfocada (Itapororoca e adjacências).

A configuração gravimétrica regional evidencia características da tectônica que atuou na área. Observa-se nitidamente o alinhamento de rios, lagoas, soerguimentos e abatimentos do Grupo Barreiras (e depósitos outros do Neógeno), todos guardando dependência de alinhamentos estruturais pretéritos, caracterizando a ocorrência de uma neo-tectônica intensa.

DETERMINAÇÃO DAS COMPONENTES REGIONAL E RESIDUAL O campo gravimétrico regional pode ser determinado de várias formas, sendo a mais utilizada a representação polinomial, cujos parâmetros são definidos por ajuste de mínimos quadrados. O grau do polinômio dependerá da geometria, dimensão e disposição espacial dos vários corpos isolados e dos segmentos crustais e litosféricos característicos de cada área.

Muitas vezes, a presença de um corpo com características 3D marcantes, pode distorcer o campo regional e introduzir componentes devidas apenas ao corpo isolado, como se observa no caso em estudo. Es-

Figura 8 - Anomalia de Ar-Livre também denominada anomalia de “Faye”, para a área enfocada.

Figura 9 - Anomalia Bouguer simples, de Itapororoca e adjacências. Os pontos sinalizando as estações gravimétricas encontram-se nas figuras 7 e 11.

sas distorções podem ser eliminadas com a utilização do método do “polinômio robusto” descrito por Beltrão *et al.* (1991), figura 10a.

Uma outra maneira de eliminar essas distorções é o uso do método da omissão que calcula o polinômio que melhor se ajusta aos dados após eliminar as estações que definem a anomalia. Este método, aplicado com sucesso em vários exemplos de anomalias com características de corpos com geometria 3-D, no caso em questão, selecionou como representação do campo regional a superfície interpolada por 383 pontos de um total de 428 estações na sub-área de estudo (Fig. 10b). O campo gravimétrico residual, após a extração do regional de campo está mostrado nas figuras 11 e 12.

Figura 10a - Campo regional calculado pelo polinômio robusto de grau 7, de Beltrão e colaboradores (1991).

Figura 10b - Campo regional calculado método da omissão. Note-se que as maiores discrepâncias entre os dois métodos ocorrem nas bordas ou em áreas afastadas da anomalia em estudo.

Modelagem e interpretação dos dados gravimétricos Programas de cálculo numérico, que utilizam técnicas de ajuste manual ou automático para determinar a forma e o volume de um corpo geológico, se encontram disponíveis na literatura.

Uma vez que os métodos potenciais admitem múltiplas soluções, é imprescindível utilizar todos os vínculos geológicos e físicos disponíveis para obter um modelo com uma geometria próxima daquela real. A forma da anomalia permite inferir parâmetros indicativos da sua geometria e, dispondo de outros vínculos, é possível calcular sua posição e volume em sub-su-

Figura 11 - Campo gravimétrico residual na região da anomalia de interesse, calculado subtraindo-se do campo anômalo observado a componente regional calculada pelo polinômio Robusto de grau 7. Nota-se que a anomalia é negativa, indicando um defeito de massa, ou seja, a presença de um corpo de menor densidade daquela da rocha encaixante. (Os pontos representam as estações gravimétricas).

Figura 12 - Campo gravimétrico residual na região da anomalia de interesse, calculado subtraindo-se do campo anômalo observado a componente regional calculada pelo método da omissão. Nota-se a semelhança da anomalia que utilizou o outro regional.

perfície. Um parâmetro físico muito importante para a estimativa do volume do corpo é o seu contraste de densidade com a rocha encaixante.

Densidades das rochas foram medidas em laboratório, tendo sido coletadas 24 amostras das várias litologias que afloram na região de interesse (Tab. 4). As densidades utilizadas na modelagem foram a média das amostras UEPV para o corpo ($2,50 \text{ g/cm}^3$) e a média

Tabela 4 – Densidades em g/cm³ medidas em laboratório de rochas regionais (TAP, TAM, RGN, graníticas, coberturas).

X (UTM)	Y (UTM)	Amostra	Rocha	Formação/ Localidade	Densidade (g/cm ³)	σ (g/cm ³)
249640	9250780	AP-CV-49	Ortognaisse	Cariris Velhos	2,64	0,04
249930	9243320	AP-CV-7	Ortognaisse	Cariris Velhos	2,62	0,04
251210	9226780	AP-CV-63	Ortognaisse	Cariris Velhos	2,66	0,04
245980	9244540	AP-CV-GN-45	Ortognaisse	Cariris Velhos	2,57	0,04
264190	9241980	AP-MGV-1	Metagrauvaca	São Caetano	2,50	0,04
225160	9241480	AP-MGV-16	Metagrauvaca	São Caetano	2,58	0,04
259290	9231800	AP-SC-54	Metagrauvaca	São Caetano	2,53	0,04
258160	9228170	TAM-56	gnaisse	Terreno Alto Moxotó	2,67	0,04
252210	9256810	LP-GR-34	Granito	Lineamento Patos	2,99	0,04
266600	9245130	AP-GR-M1	Granito	Mamanguape	2,60	0,04
259610	9245320	AP-GR-M3	Granito	Mamanguape	2,66	0,04
233270	9230270	AP-GR-70	Granito	Mamanguape	2,76	0,04
243030	9243650	AP-SL-10	Granito	Santa Lúcia	2,61	0,04
257720	9248570	AP-GR-ALA-27	Granito	As Alagoas	2,62	0,04
226390	9347660	AP-GR-ESP-18	Granito	Esperança	2,64	0,04
233710	9241590	AP-GR-AR-14	Granito	Araçaji	2,64	0,04
227710	9267120	RN-GR-SR-22	Granito	Serra da Raiz	2,69	0,04
255450	9251350	UEPVb	UEPVb	Destilaria Xuá	2,58	0,04
249880	9248030	UEPVo (?)	UEPVo?	Riacho timbó	2,65	0,04
255450	9251350	UEPVa	UEPVa	Destilaria Xuá	2,47	0,04
255450	9251350	UEPVa	UEPVa	Destilaria Xuá	2,43	0,04
249880	9248030	UEPVo (?)	UEPVo?	Riacho Timbó	2,81	0,04
249880	9248030	UEPVo (?)	UEPVo?	Riacho Timbó	2,70	0,04
255455	9251351	UEPVd	UEPVd	Mendonça	2,53	0,04

daquelas representativas da encaixante nas proximidades do corpo (2,67 g/cm³). Note-se que, embora classificados como UEPV, as amostras coletadas no Riacho Timbó não parecem corresponder a esta unidade, tendo pois sido ignoradas.

Modelos de corpos que reproduzem as anomalias observadas podem ser obtidos projetando sobre perfis a anomalia calculada para um polígono, ou sobre uma superfície aquela produzida por um sólido de forma arbitrária. No primeiro caso a modelagem é referida

como 2D ou 2,5D, e é mais apropriada para corpos longitudinais, ou seja, com uma dimensão espacial muito maior do que as outras: é o caso de falhas, contatos, suturas entre outros. Anomalias simétricas e bem localizadas, como no caso em estudo, são características de corpos com geometria tridimensional (3D) como por exemplo intrusões, *plugs*, diápiros, entre outros. É comum, antes de se modelar um corpo com geometria 3D, traçar alguns perfis para obter sua forma aproximada numa seção vertical, fornecendo assim as condições iniciais de ajuste mais próximas do modelo esperado para acelerar o processo de ajuste.

MODELAGEM DO CORPO COM GEOMETRIA 2,5 D Na modelagem com geometria 2,5 D utilizou-se o programa numérico *GravMag*, elaborado pelo British Geological Survey (Pedley et al. 1997). Esse programa permite ajustar a forma de uma seção vertical do corpo movendo os vértices do polígono que o representa. Para diferentes litologias é possível ajustar vários polígonos, cada um representativo de uma litologia tendo um valor de densidade característico da litologia ou, como no presente caso, medido em laboratório.

Na figura 13 observa-se, como exemplo o modelo obtido para o perfil AB. Essa modelagem é utilizada somente como um ajuste para a obtenção de parâmetros iniciais a serem utilizados na modelagem 3D. Considerou-se apenas uma litologia, tendo um contraste de densidade com a rocha encaixante de $0,17 \text{ g/cm}^3$. Para essas condições, observa-se que na posição de mínimo de anomalia deste perfil a profundidade do corpo resulta cerca de 8.500 m e o corpo apresenta um formato bi-modal sugerindo dois dutos. Observe-se também que o perfil não atravessa o centro de mínimo da anomalia do corpo.

Figura 13 - Modelagem gravimétrica preliminar do perfil AB, traçado na Fig. 11, com a utilização do programa GRAVMAG (Pedley et al., 1997). Seu resultado é tomado como ponto de partida para a modelagem 3D.

Pequenas variações nos valores do contraste de densidade não permitem obter grandes variações do modelo, a não ser relativamente à profundidade, uma vez que esse parâmetro influi principalmente na amplitude da anomalia; os vínculos geológicos, com base nas observações de superfície, definiram a forma resultante.

MODELAGEM DO CORPO COM GEOMETRIA 3D

A modelagem para uma geometria 3D foi obtida utilizando-se o programa de cálculo IGMAS (Götze & Lahmeyer 1988). Nesse programa são traçados vários perfis paralelos, cobrindo a anomalia, e sobre os quais é feito o ajuste de acordo com os vínculos existentes. Ao se modificar qualquer parâmetro em cada perfil, os demais perfis paralelos são ajustados automaticamente, seja quanto à forma dos polígonos (variando a posição dos nós) ou no contraste de densidade entre as duas litologias adjacentes (corpo e encaixante). No modelo apresentado, as máximas profundidades obtidas não ultrapassam 1800 m, sendo o volume total do corpo de aproximadamente 23 km^3 considerando-se o contraste de densidade $\Delta\rho = -0,170 \text{ g/cm}^3$ relativamente à rocha encaixante (vide Fig. 14a, 14b e 14c). O corpo resultante tem geometria irregular, apresentando duas raízes ou dutos, análogos àqueles modelados com geometria 2.5 D. E, portanto, a distribuição da massa tende para uma direção aproximadamente WNW, em dois depocentros.

A análise estatística ao longo do perfil em correspondência à latitude de 9248 km apresenta um desvio padrão de 0,12 e um coeficiente de correlação de 0,99. Esses valores sugerem que o modelo obtido representa adequadamente a forma do corpo em profundidade, cuja manifestação gravimétrica em superfície pouco

Figura 14a - Modelagem com geometria 3D da anomalia de Itapororoca. O programa IGMAS de ajuste (Götze & Lahmeyer, 1988), permite calcular a geometria e volume do corpo, que resultou em aproximadamente $23,0 \text{ km}^3$ e com duas raízes (uma principal e outra secundária, prováveis condutos principais de injeção do magma).

Figura 14b - Modelagem com geometria 3D da anomalia de Itapororoca vista de outro ângulo. Nesta também se observam claramente os dois dutos.

Figura 14c - Modelagem com geometria 3D da anomalia de Itapororoca vista de cima. Neste caso os dutos não se distinguem tão bem como nas anteriores, mas se pode observar a reprodução da modelagem em superfície, relativamente à forma da anomalia.

difere daquela calculada.

O contraste de densidade negativo, do corpo relativamente à encaixante, indica a existência de material de baixa densidade, fraturado, hidrotermalizado e/ou alterado. A intensa magnetização manifestada jus-

tifica o alto teor de magnetita observado em superfície em correspondência ao corpo.

Referências

- Alheiros M.M. & Lima Filho M.F. 1991. A Formação Barreiras. *Estudos Geológicos (UFPE), Série B, Estudos e Pesquisas*, **10**:77-88.
- Almeida C.N., Guimarães Silva Filho A.F. 1997. Sm-Nd isotope geochemistry and U-Pb geochronological data of the Campina Grande Complex, Paraíba State, NE Brazil. In: SBG/Núcleo Nordeste, Simp. de Geol. do Nordeste, 17, Fortaleza, *Resumos Expandidos*, Boletim n. 15, p. 3-6.
- Amaro V.E. 1998. *Análise conjunta de dados geológicos, geofísicos e de sensoriamento remoto do setor extremo nordeste da Província Borborema, Nordeste do Brasil, com ênfase nas zonas de cisalhamento dúcteis neoproterozóicas*. Tese de Doutorado, Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo, 393p.
- Archanjo C.J. & Fetter A.H. 2004. Emplacement setting of the granite sheeted pluton of Esperança (Brasiliano Orogen, Northeastern Brazil). *Precambrian Research*, **135**:193-215.
- Barbosa A.J., Braga A.P.G., Bezerra M.A. 1974. *Projeto Leste da Paraíba e Rio Grande do Norte. Relatório Final Integrado, folhas SB.25-V-C e SB. 25- A. 1/ 250 000* - CPRM-Recife, 4 vol.
- Barbosa A.J., Souza E. M., Lima Filho M.F., Neumann V.H. 2003. Estratigrafia da Bacia Paraíba, NE Brasil: uma nova proposta a partir da Estratigrafia de Sequências. Congresso Pesquisa & Desenvolvimento em Petróleo e Gás da UFPE, 1, e Reunião de Avaliação do PRH/ANP/MCT, 3, Recife, *Boletim de Trabalhos*, p. 100-108.
- Barbosa J.A., Souza E.M., Lima Filho M.F., Neumann V.H. 2003. A estratigrafia da Bacia Paraíba: uma reconsideração. *Estudos Geológicos*, **13**:89-108.
- Barbosa J.A., Souza E.M., Lima Filho M.F., Neumann V.H. 2002. Estratigrafia da Bacia Paraíba: uma nova proposta a partir da estratigrafia de seqüências. In: Congresso Pesquisa & Desenvolvimento, 1, Reunião de Avaliação dos Programas de Formação de Recursos Humanos (PRH/ ANP/ MCT) para o setor de petróleo e gás, 3, *Boletim de Trabalhos*, p. 100-108.
- Beltrão J.F., Silva J.B.C., Costa J.C. 1991. Robust polynomial fitting method for regional gravity estimation. *Geophysics*, **56**:80-89.
- Brito Neves B.B., Araújo Filho J.C., Bezerra F.H., Correia A.C.B., Barreto A.M. 2005. A Unidade Pedoestratigráfica Engenho Novo no Leste da Paraíba. In: SBG/Núcleos Nordeste e Bahia-Sergipe, Simpósio de Geologia do Nordeste, 21, *Resumos Expandidos*, vol. 19, p. 246-249.
- Brito Neves B.B., Campos Neto M.C., Van Schmus W.R., Santos E.J. 2001a. O Sistema Pajeú-Paraíba e o Maciço São José do Campestre no Leste da Borborema. *Revista*

- Bras. Geoc.*, **31**:173-184.
- Brito Neves B.B., Campos Neto M.C., Van Schmus W.R., Fernandes T.M. 2001b. O Terreno Alto Moxotó no Leste da Paraíba (Maciço Caldas Brandão). *Revista Bras. Geoc.*, **31**:185-194.
- Dantas E.L. 1997. *Geocronologia U-Pb e Sm-Nd de Terrenos arqueanos e Paleoproterozóicos do Maciço Caldas Brandão, NE Brazil*. Rio Claro, Tese de Doutorado, IGCE/UNESP, 208p.
- Dantas E.L., Hackspacher P.C., Brito Neves B.B., Van Schmus W.R. 2005. The Rio Grande do Norte terrane: a forgotten Atlântica fragment in Rodinia arrangement. In: Gondwana 12 "Geological and Biological Heritage of Gondwanaland", Mendonça-Argentina, *Abstracts*, p. 129.
- Dantas E.L., Hackspacher P.C., Van Schmus W.R., Brito Neves B.B. 1998. Archean accretion in the S. José do Campestre massif, Borborema Province, Northeast Brazil. *Revista Bras. Geoc.*, **28**:221-228.
- Feitosa E.C., Feitosa F.C., Lira H.M.P. 2002. Relações estratigráficas e estruturais entre a Bacia Potiguar e a Bacia Costeira PE/PB – uma hipótese de trabalho. In: ABAS, Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas, 12, Florianópolis-SC, *Anais* (em CD).
- Götze H.J. & Lahmeyer B. 1988. Application of three – dimensional interactive modeling in gravity and magnetics. *Geophysics*, **53**(8):1096-1108.
- Guimarães I.P., Almeida C.N., Vieira K.J. 2003. Magmatismo Brasileiro no Maciço São José do Campestre: O Complexo Solânea. In: SBG, Simp. Geol. Nordeste, 20, *Anais*, Boletim 18, p. 64.
- Howell H.D. 1995. *Principles of Terrane Analysis. New Application for Global Tectonics*. New York, Chapman & Hall, 245p.
- Jardim de Sá E.F., Trindade R.I.F., Hollanda M.H.B.M., Araújo J.M.M., Galindo A.C., Amaro V.E., Souza Z.S., Vignerresse J.L., Lardeaux J.M. 1999. Brasileiro Syntectonic Alkaline Granites Emplaced in a Strike Slip/ Extensional Setting (Eastern Seridó, Brazil). *Anais da Acad. Bras. Ciên.*, **71**:17-28
- Longman I.M. 1959. Formulas for computing the tidal accelerations due to the Moon and the Sun. *J. Geophys. Res.*, **64**:2351-2355.
- Mabessone J.M. & Castro C. 1975. *Desenvolvimento geomorfológico do Nordeste Brasileiro*. Núcleo Nordeste da SBG., Boletim 3, p. 5-36.
- Mabessone J.M. & Silva J.C. 1991. Aspectos Geomorfológicos. *Estudos Geológicos (UFPE), Série B, Estudos e Pesquisas*, **10**:117-132.
- McIntock D., Deren E.J., Krakiwsky E.J. 1994. Environment sensitive: DGPS and barometry for seismic surveys. *GPS World*, **6**:20-26
- Menezes M.R., Moraes Neto J.M., Szatmari P, York D. 2003. Relação cronológica entre o vulcanismo Macau e a Formação Serra do Martins com base em datação Ar-Ar do plug basáltico Serrote Preto (RN, Nordeste do Brasil). In: SBG, Simpósio Nacional de Estudos Tectônicos, 9, Búzios/RJ, *Resumos Expandidos*, p. 246-247.
- Moraes Neto J.M. 1999. *As coberturas sedimentares terciárias do interior da Paraíba e do Rio Grande do norte e a gênese da antéclise da Borborema*. Dissertação de Mestrado, Escola de Minas de Ouro Preto, 170 p.
- Moraes Neto J.M. & Alkmim F.F. 1998. As formações Serra do Martins e Barreiras no Nordeste da Paraíba: implicações na idade do soerguimento do Planalto da Borborema. In: SBG, Cong. Bras. Geologia, Belo Horizonte, 40, *Boletim de Resumos*, p.72.
- Pedley R.C., Busby J.P., Dabek Z.K. 1997. GRAVMAG user manual: interactive 2.5 D gravity and magnetic modeling. *Technical report British Geological K/93/26/R*, Keyworth, 73 p.
- Radhakrishna Murthy I.V. & Swamy K.V. 1996. Gravity anomalies of a vertical cylinder of polygonal cross section and their inversion. *Computer & Geosciences*, **22**:625-630
- Salvador A. 1994. *International Stratigraphic guide (a guide to Stratigraphic classification, terminology and usage*. 2nd Inc. Ed., Boulder Colorado, IUGS-GSA, 214p.
- Santos E.J. & Medeiros V.C. 1999. Constraints from granitic plutonism on Proterozoic crustal growth of the Transverse Zone. Borborema Province, NE Brazil. *Revista Bras. Geoc.*, **29**:73-84.
- Santos E.J., Ferreira C.A., Silva Jr. J.M.F. 2002. *Geologia e Recursos Minerais do Estado da Paraíba – Texto Explicativo dos Mapas Geológico e de Recursos Minerais da Paraíba, 1/500 000*. Recife- CPRM-Serviço Geológico do Brasil, Superintendência Regional do Recife, 142 p.
- Talwani M. & Ewing M. 1960. Rapid computation of gravitational attraction of three-dimensional bodies of arbitrary shape. *Geophysics*, **25**:203-225.
- Talwani M., Worzel J.L., Landisman M. 1959. Rapid gravity computation for two-dimensional bodies with application to the Mendocino submarine fracture zones. *Jour. Geophys. Res.*, **64**:49-59.
- Van Schmus W.R., Brito Neves B.B. de, Williams I.S., Hackspacher 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 (Tdm) ages. *Precambrian Research*, **127**:287-327.

Manuscrito AE-043/2006

Submetido em 05 de maio de 2006

Aceito em 15 de dezembro de 2007