

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

**TECTÔNICA NEOCRETÁcea - PALEÓGENA DA
ÁREA DA BACIA DE VOLTA REDONDA, RJ**

LUCAS VILLELA CASSINI

Orientador: Prof. Dr. Claudio Riccomini

MONOGRAFIA DE TRABALHO DE FORMATURA
(TF-2011 / 35)

TF
C345
LV.t

SÃO PAULO
2011

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

**TECTÔNICA NEOCRETÁCEA-PALEÓGENA DA ÁREA DA BACIA DE VOLTA
REDONDA, RJ**



Lucas Villela Cassini

Orientador: Prof. Dr. Claudio Riccomini

Monografia de Trabalho de Formatura: TF-2011/35

DEDALUS - Acervo - IGC



30900030264

São Paulo
2011

Resumo

O *Rift* Continental do Sudeste do Brasil (RCSB) destaca-se como uma depressão de idade cenozóica, alongado a NE-SW paralelamente a direção da costa atual, dividido nos segmentos ocidental, central e oriental. A formação da depressão original é atribuída a esforços distensivos NNW-SSE atuantes na região durante o Paleógeno. O preenchimento sedimentar encontra-se bem caracterizado e engloba, da mais velha para a mais nova, as Formações Resende, Tremembé, São Paulo, Itaquaquecetuba e Pindamonhangaba, com depósitos colúvio-aluvionares quaternários sobrepostos à sucessão. Diversas ocorrências de rochas ígneas na região central do RCSB foram descritas, das quais destacam-se os sills e diques de diabásio de idade eocretácea associados à Reativação Sul-Atlantiana; os grandes maciços alcalinos datados do Neocretáceo, com diques associados; e os diques de lamprófiro também neocretáceos.

Os diques de rocha ígnea podem ser utilizados como bons indicadores cinemáticos, uma vez que tendem a se posicionar perpendicularmente a direção de esforço mínimo σ_3 . Portanto, estudos estruturais com enfoque nesses corpos permitem estabelecer a configuração de esforços atuantes no segmento central do RCSB durante o Eocretáceo e o Neocretáceo. Com o mesmo intuito, a caracterização do campo de esforços cenozóico pode ser realizada através da coleta de dados de falhas e estrias, os quais através da aplicação do Método dos Diedros Retos permitem inferir as direções principais de compressão e distensão.

A disposição dos diques de diabásio indica que durante o Eocretáceo a região esteve submetida a esforços distensivos WNW-ESE a NW-SE associados à separação entre América do Sul e África. Os corpos de traquito e lamprófiro indicam que durante o Neocretáceo os esforços distensivos na região estudada eram predominantemente NNW-SSE a NW-SE. Variações na direção e no ângulo de mergulho dessas estruturas foram atribuídas a presença de descontinuidades preexistentes que atuaram como direções preferenciais para a intrusão desses corpos.

Falhas sin-sedimentares normais NW-SE mostram que a deposição da Formação Resende se deu sob uma distensão NE-SW com σ_1 na vertical. Falhas de mesma atitude porém não caracterizadas como sin-sedimentares podem estar vinculadas ao evento tectônico subsequente, como é o caso de estruturas de direção NNE-SSW a NE-SW, de componente normal, as quais indicam esforços distensivos NW-SE com σ_1 aproximadamente na vertical. Falhas E-W com variações para NE ou SE indicam compressão NW-SE e distensão ortogonal. O último evento deformador é representado por uma compressão N-S à qual associam-se falhas inversas E-W.

Abstract

The Continental Rift of Southeastern Brazil (CRSB) is a pronounced depression of Cenozoic age, elongated on the NE-SW direction, parallel to the present coast, divided on the western, central and eastern portions. The associated basins were established on the Paleogene under a NNW-SSE extension. Its sedimentary fill is well characterized and is composed by, from the oldest to the youngest, the Resende, Tremembé, São Paulo, Itaquaquecetuba and Pindamonhangaba Formations, which are overlaid by quaternary colluvial and alluvial deposits. Many igneous rocks occurrences were described on the central portion of the CRSB, from which must be emphasized diabase sills and dykes of early cretaceous age related to the Santos-Rio de Janeiro dyke swarm; the great alkaline massifs with associated dykes of neocretaceous age; and ultrabasic rocks, described as lamprophyre, dykes also presenting neocretaceous age.

Dykes of igneous rocks may be used as kinematic indicators since they tend to be emplaced orthogonally to the directions of minimal compression σ_3 . Therefore, structural studies performed with these igneous bodies may provide information on the paleostress field configuration on the region during the early and late Cretaceous. With the same purpose, the Cenozoic paleostress field characterization may be achieved by studying fault planes and associated lineations. Using the Right Dieder Method these information will provide reliable data on the main compression and extension directions.

The described configuration for the diabase dykes indicates that the region was under a WNW-ESE to NW-SE extension related to the separation between South America and Africa. The alkaline and ultrabasic dykes reveal that during the Neocretaceous the studied area was affected by an extensional field NNW-SSE direction. Changes on the directions or dip intensity suggest that σ_3 position wasn't the only structural control on the emplacement of these dykes. Pre-existent structures such as fault planes or foliations might have been used as preferential paths for these igneous bodies.

Syn-sedimentary NW-SE and NE-SW normal faults were described on the area of Resende Basin and indicate that the Resende Formation deposition happened, locally, under a NE-SW extension and, regionally, under a NW-SE extension respectively. Faults with same direction but not described as syn-sedimentary, such as the NNE-SSW to NE-SW structures, may be related to the following tectonic event and reveal a NW-SE extension with σ_1 approximately on the vertical position. Structures showing E-W directions with small changes to NE or SE indicate a NW-SE compression with orthogonal extension. The last tectonic event on the rift is represented by a N-S compression with E-W inverse faults associated.

Agradecimentos

Primeiramente gostaria de agradecer ao Prof. Dr. Claudio Riccomini pelo tempo, paciência, boa vontade e pelas atividades de campo realizadas mesmo com o guri prestes a chegar. Agradeço também ao Pós-Graduando Trilô pelas dicas, medidas, apoio nas atividades de campo e fotos sem as quais esse trabalho não seria possível.

Mostro minha gratidão pela Prof. Dra. Ana Maria Goés que praticamente ensinou-me a escrever relatórios acadêmicos.

Muito obrigado às grandes amigas Pig, Clô e Chava e aos amigos Pacotão, Drogadito, Bobo, Xumaço, Lambe, Merenda, Cotoco, Atoxado, Bixa, Fofona, Sinistro e à galera do bosque pelas imensas e bem aproveitadas horas de descontração.

Agradeço também à Golder Associates pela total compreensão e apoio em relação à monografia, à galera da SGW Services Marisa, Carla, Cris e Rebeka que fizeram de 2011 um ano muito mais divertido do que eu esperava. Aos bons amigos Raoni, Gui e Newton pelas risadas.

Presto meus agradecimentos à fiel companheira Letícia Freitas Guimarães, que de tão perfeccionista (a um nível micrométrico) fez com que um pouco viesse para mim. Obrigado pelas risadas, pelo apoio emocional e pelos momentos de descontração.

A meus pais César e Mônica Cassini e ao irmão Marcos, que apesar de serem engenheiros e matemático respectivamente, e de terem feito cara de interrogação quando me matriculei na Geologia, sempre estiveram dispostos a me apoiar e mostraram-se interessados. Agradeço também ao meu tio Antônio Carlos que sempre elogiou minha escolha de carreira e apresentou dados estatísticos e informações que nem eu sabia sobre geologia. Às avós Izabel e Haydee e ao avô Sebastião que me dão motivação e nos quais eu me espelho para ser feliz e realizado.

SUMÁRIO

| | | |
|----------|---|-----------|
| 1 | INTRODUÇÃO..... | 1 |
| 2 | OBJETIVOS | 2 |
| 3 | GEOLOGIA REGIONAL..... | 2 |
| 4 | MATERIAIS | 6 |
| 5 | METODOLOGIA | 7 |
| 5.1 | DADOS DE FALHAS E ESTRIAS..... | 7 |
| 5.2 | DADOS DE DIQUES..... | 8 |
| 6 | RESULTADOS..... | 10 |
| 6.1 | DESCRIÇÃO DOS LITOTIPOS..... | 11 |
| 6.2 | DADOS ESTRUTURAIS | 13 |
| 6.2.1 | <i>Dados de Falhas</i> | 14 |
| 6.2.2 | <i>Resultados de Diques</i> | 21 |
| 7 | INTERPRETAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS | 23 |
| 7.1 | DIQUES..... | 23 |
| 7.2 | FALHAS | 25 |
| 8 | CONCLUSÕES..... | 26 |

Bibliografia

Anexos

1 Introdução

O *Rift* Continental do Sudeste do Brasil (RCSB) é uma estrutura de notável expressão geomorfológica, caracterizada como uma depressão alongada na direção NE-SW, paralela à costa atlântica, abrangendo parte dos estados do Paraná, São Paulo e Rio de Janeiro. O RCSB inclui uma série de bacias sedimentares continentais cenozóicas dispostas em três segmentos: ocidental, central e oriental.

O segmento central do RCSB é constituído pelas bacias de São Paulo, Taubaté, Resende e Volta Redonda. Na Bacia de Volta Redonda, derrames de rocha ultrabásica descrita como ankaramito ocorrem intercalados aos depósitos cenozoicos (Riccomini et al. 1983). No embasamento pré-cambriano desta bacia e da vizinha Bacia de Resende ocorrem numerosos diques de natureza semelhante, mas de idade neocretácea. Essas rochas dispõem de uma boa caracterização petrográfica e de alguns dados geocronológicos K-Ar e Ar-Ar (Riccomini et al. 1991, Riccomini et al. 2004), no entanto, estudos mais detalhados acerca da relação dessas rochas com a evolução do RCSB ainda estão por ser realizados. Esses estudos dependem da caracterização das estruturas tectônicas associadas e também da determinação dos paleocampos de tensões a partir de dados de falhas, juntas e diques de naturezas e idades variadas.

Sabe-se hoje que diques e *sills* são bons indicadores tectônicos, uma vez que quando colocados na crosta tendem a se encaixar perpendicularmente à direção de menor esforço σ_3 (e.g. Anderson 1972). Uma análise mais detalhada dessas estruturas pode, portanto, fornecer informações importantes sobre os campos de esforços e evolução tectônica-estrutural do RCSB.

Em função do potencial que os diques apresentam para estudos tectônicos, no presente trabalho foram estudados os diques neocretáceos presentes no segmento central do RCSB, de modo a se compreender o regime tectônico vigente previamente à instalação da estrutura na região das bacias de Resende e Volta Redonda. Adicionalmente, a partir da análise de estruturas tectônicas rúpteis em afloramentos selecionados (juntas, falhas e estrias), procurou-se caracterizar o regime tectônico responsável pela instalação do RCSB.

2 Objetivos

No intuito de colaborar com novos dados estruturais acerca da evolução tectônica-estrutural do Rift Continental do Sudeste do Brasil o objetivo principal deste trabalho é a caracterização do campo de esforços vigentes na região das Bacias de Volta Redonda e de Resende previamente e durante a instalação do RCSB.

Para o alcance desse objetivo um dos indicadores tectônicos empregados foram os diques de rocha ígnea, os quais se formam quando magma é injetado em fraturas de alívio de tensão que tendem a se orientar perpendicularmente a direção de menor esforço. Dessa forma, foram obtidos dados de atitudes de diques para a caracterização do campo de esforços neocretáceo. Pretendeu-se, inicialmente, empregar como critério cinemático dos diques as feições de deformação inelástica eventualmente presentes em suas bordas, o que mostrou-se inviável diante da falta de exposições de contatos de diques em planta. Procurou-se também determinar quantas gerações de diques ocorrem na região e sob qual regime tectônico esses corpos intrudiram os depósitos do RCSB.

Dados de falhas, estrias e juntas foram também utilizados, sobretudo para a caracterização do campo de esforços vigente durante o Paleógeno. Procurou-se determinar as direções aproximadas dos vetores σ_1 , σ_2 e σ_3 a partir de dados coletados em levantamentos de campo na região das bacias de Resende e Volta Redonda (segmento central do RCSB).

A disponibilidade de um quadro regional da distribuição das paleotensões atuantes na região sudeste do Brasil durante o Mesozoico é fundamental para a compreensão dos processos tectônicos atuantes previamente, durante e imediatamente após a ruptura continental entre a América do Sul e África e a abertura do Atlântico Sul. Nesse sentido o desenvolvimento de um estudo estrutural com enfoque nos enxames de diques pode fornecer subsídios para a compreensão do quadro de paleotensões ativos durante o magmatismo toleítico eocretáceo, durante a ruptura continental, e também durante o magmatismo neocretáceo, que precedeu à instalação do RCSB.

3 Geologia Regional

O termo Rift Continental do Sudeste do Brasil foi originalmente empregado por Riccomini (1989) para se referir a uma estrutura de escala regional, estreita, alongada e topograficamente rebaixada em relação às áreas adjacentes (Figura 1). Sabe-se hoje que o RCSB possui idade cenozoica, abrange parte dos estados do Paraná, São Paulo e Rio de Janeiro com uma extensão total em torno de 900 km, alongando-se na direção NE, praticamente paralelo à direção da costa atual.

O Rift Continental do Sudeste do Brasil foi dividido por Riccomini *et al.* (2004) nas porções ocidental, central e oriental. A primeira abrange a Bacia de Curitiba, os grábens de Guaraqueçaba, Sete Barras e Cananéia e as formações Alexandra e Pariquera-Açu. Na porção central estão localizadas as bacias de São Paulo, Taubaté, Resende e Volta Redonda, bem como os depósitos das regiões de Bonfim e Cafundó. Na porção oriental encontram-se o Gráben da Guanabara e as bacias associadas, Macacu e Itaboraí, além do Gráben de Barra de São João.



Figura 1 - Segmento central do RCSB com as respectivas bacias associadas: São Paulo (SP), Taubaté (TB), Resende (RE) e Volta Redonda (VR). Também estão indicados os planaltos de Poços de Caldas (PC), Campos do Jordão (CJ), Passa Quatro (PQ), Itatiaia (IT), Bocaina (PB), Tinguá (TI) e Medanha (MD). A porção oriental do rift é representada na imagem pela Bacia de Macacu (MC). Imagem de radar extraída de Riccomini *et al.* (2004).

O RCSB encontra-se inserido na chamada Faixa Ribeira, a qual é constituída por rochas metamórficas de baixo a médio grau, migmatitos e granitóides relacionados ao Evento Brasiliense. O embasamento pré-cambriano na região do *rift* é constituído por milonito-gnaisses, blastomilonitos, milonitos, gnaisses bandados, gnaisses graníticos, xistos, quartzitos e anfibolitos, além de rochas ígneas como granitos, pegmatitos e aplitos, de idade neoproterozoica (Machado Filho *et al.* 1983; Janasi & Ulbrich 1991).

Não é consenso entre os pesquisadores o mecanismo gerador do RCSB, fato que implica na existência de diversos modelos tectônicos. Ao analisar as zonas de cisalhamento proterozoicas que limitam a Bacia de Taubaté, Zalán (1986) caracterizou-a como uma bacia transtrativa, à qual estaria associada uma componente de movimentação sinistral. O modelo de colapso distensional foi proposto por Fernandes (1993), com base na pequena espessura do preenchimento sedimentar e baixa taxa de estiramento. Baseado nas estruturas e nas

relações tectono-estratigráficas destas com o preenchimento sedimentar, Riccomini (1989) propôs que a formação da depressão original do rift teria ocorrido no Paleógeno, sob ação de um campo de esforços distensionais, os quais seriam superpostos por eventos transcorrentes posteriores.

Apesar de não ser observado por completo em nenhuma das bacias o preenchimento estratigráfico do RCSB é descrito, da mais nova para a mais antiga, do seguinte modo:

- Formação Pindamonhangaba (?).
 - Formação Itaquaquecetuba (Mioceno Inferior);
 - Formação São Paulo (Neo-Oligoceno);
 - Formação Tremembé (Oligoceno);
 - Formação Resende (Eoceno-Oligoceno);
- } Grupo Taubaté

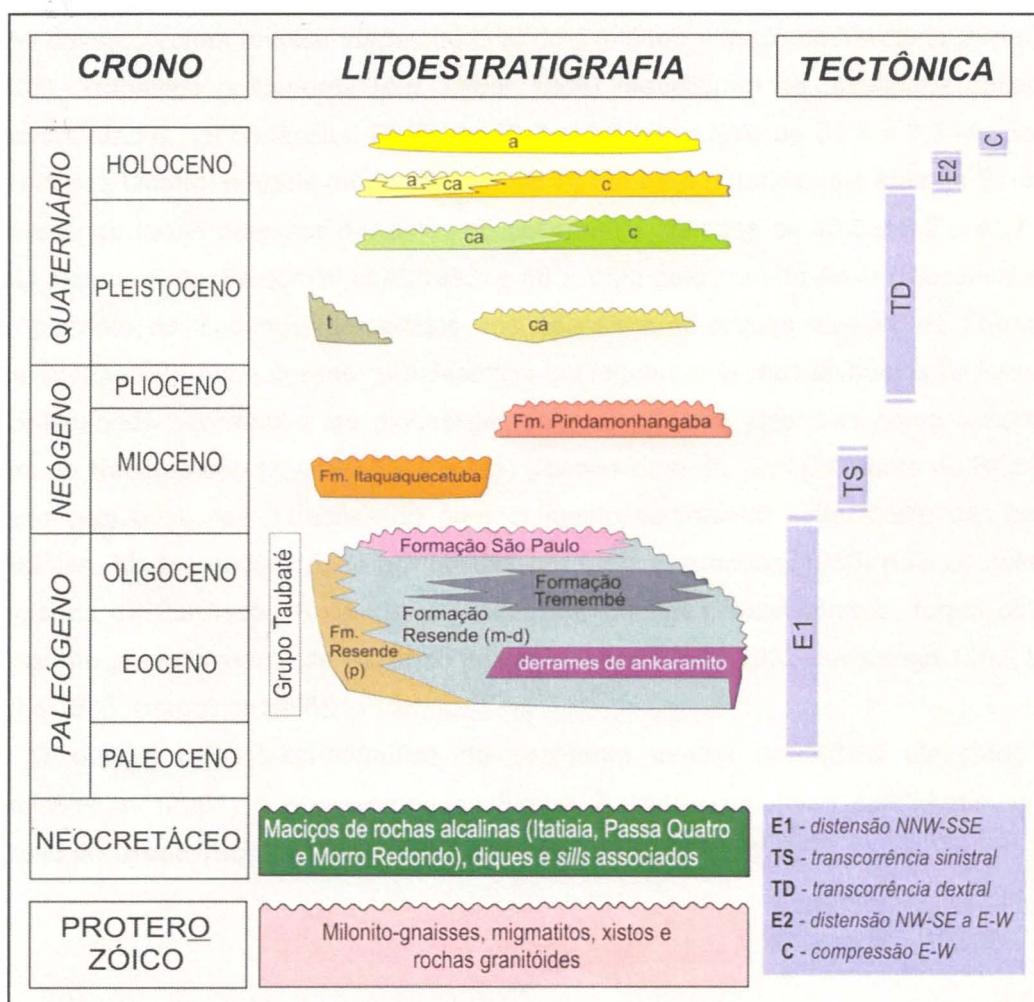


Figura 2 - Coluna litoestratigráfica com os respectivos eventos tectônicos que afetaram a porção central do RCSB. Os sedimentos sobrepostos à Formação Pindamonhangaba são depósitos colúvio-aluvionares de idade quaternária. Fonte: Riccomini et al. 2004.

A Formação Resende é constituída por depósitos de leques aluviais e de rios entrelaçados, a Formação Tremembé por depósitos lacustres, a Formação São Paulo apresenta depósitos de rios meandrantes, a Formação Itaquaquecetuba é composta por depósitos de rios entrelaçados e a Formação Pindamonhangaba encerra depósitos relacionados a sistema fluvial meandrante.

Manifestações ígneas como intrusões de diques e soleiras de diabásio datados do Cretáceo Inferior (e.g. Amaral *et al.* 1966) são comuns principalmente no embasamento da Bacia de Resende. Elas estão relacionadas à Reativação Wealdeniana (Almeida 1967), posteriormente designada de Reativação Sul-Atlantiana (Schobbenhaus *et al.* 1984) para expressar a sua abrangência em tempo e influência na compartimentação tectônica e evolução da Plataforma Sul-Americana, tendo como evento principal a ruptura continental e abertura do Atlântico Sul, no Cretáceo Inferior. Além desses corpos, grandes maciços alcalinos como o Passa Quatro, Itatiaia e Morro Redondo estão localizados nos arredores da Bacia de Taubaté e Resende, com diques e soleiras de mesma composição associados. A datação dessas rochas revelou idades do final do Cretáceo a início do Terciário (Amaral *et al.* 1967). Trabalhos posteriores (e.g. Lauar 1988) reavaliaram os resultados obtidos e forneceram idades neocretáceas, Rb/Sr de $70,3 \pm 0,5$ Ma e K/Ar de $66,7 \pm 3,3$ Ma para o Maciço Passa Quatro, e idade média de K/Ar de 73 Ma para o Itatiaia. Na área da Bacia de Volta Redonda foram descritos derrames de ankaramito, datados de $43,8 \pm 6,2$ e $41,7 \pm 5,7$ Ma pelo método K-Ar (Riccomini *et al.* 1983) e 48 ± 1 Ma pelo método Ar-Ar (Riccomini *et al.* 2004), portanto do Eoceno, intercalados aos depósitos de leques aluviais da Formação Resende (Figura 2). Além dessas, são descritas em regiões próximas às bacias de Resende e Volta Redonda ocorrências de diques de rocha ultrabásica, descritas como lamprófiro, datadas do Neocretáceo (K/Ar $69,6 \pm 2,9$ Ma) (Riccomini *et al.* 1991). A idade do RCSB foi estimada com base nas datações do preenchimento sedimentar sintectônico das bacias constituintes. Idades eocênicas foram obtidas por Lima & Amador (1985) pela datação de palinomorfos da Formação Resende, e idades mais antigas, paleocênicas, foram obtidas com base no preenchimento da Bacia do Itaboraí (Paula Couto 1952, Alvarenga 1983, Lima & Cunha 1986, Bergqvist 1996).

O quadro tectono-estratigráfico do segmento central do RCSB elaborado por Riccomini *et al.* (2004) é apresentado na Figura 2. Nele os autores consideram que a deposição do Grupo Taubaté se deu sob contexto distensional NW-SE.

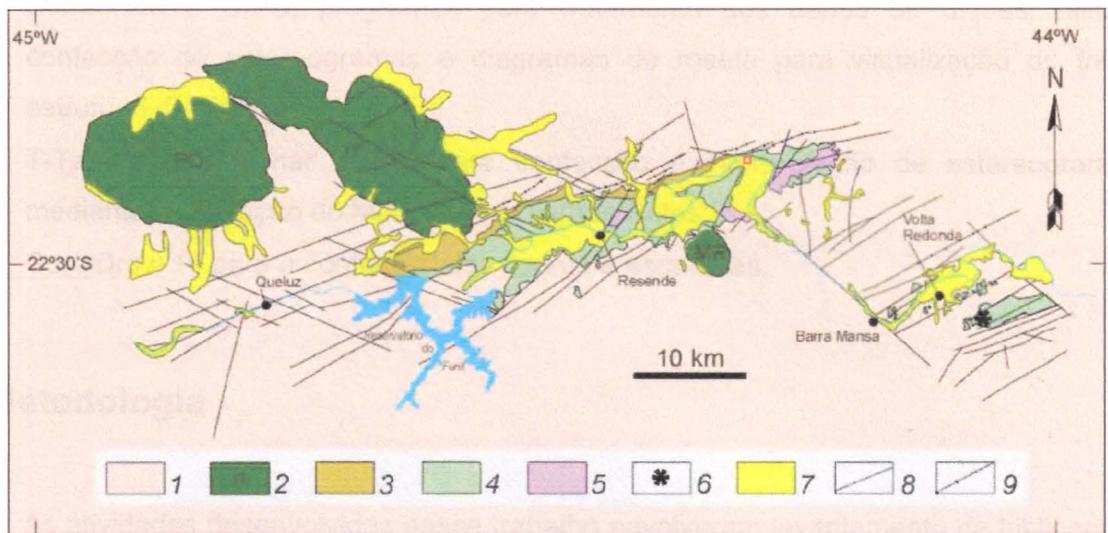


Figura 3 - Mapa geológico das bacias de Resende e Volta Redonda: 1. embasamento pré-cambriano; 2. maciços de rochas alcalinas neocretáceos (PQ – Passa Quatro), (IT – Itatiaia) e (MR – Morro Redondo); 3. depósitos de leques aluviais proximais da Formação Resende; 4. depósitos de leques aluviais medianos a distais e fluviais entrelaçados da Formação Resende; 5. depósitos fluviais meandrantes da Formação São Paulo; 6. ocorrência de lavas ankaramíticas; 7. depósitos aluviais quaternários; 8. Falhas rúpteis cenozoicas; 9. falhas com silicificação hidrotermal associada (extraído de Riccomini *et al.* 2004). O retângulo vermelho delimita a área de estudo deste projeto.

A tectônica deformadora estaria associada à reativação de falhas preexistentes, envolvendo em um primeiro estágio uma transcorrência sinistral neogênica E-W com distensão NW-SE e compressão NE-SW, seguida de uma transcorrência dextral E-W de idade pleistocênica com compressão NW-SE e, o terceiro evento, o qual é marcado por uma distensão de idade holocênica WNW-ESE. Segundo Salvador & Riccomini (1995) a configuração atual de esforços na região é de uma compressão E-W.

4 Materiais

Durante o desenvolvimento deste trabalho foram utilizados os seguintes materiais e programas de computador para caracterização estrutural, interpretação e tratamento de dados de campo:

- cartas topográficas 1:50.000 do IBGE: folhas Resende, Bananal, Nossa Senhora do Amparo e Volta Redonda, as quais encontram-se disponíveis para o *download* na página do IBGE;

- StereoNett e DIPS, programas para tratamento dos dados de diques, falhas, confecção de estereogramas e diagramas de roseta para visualização do *trend* estrutural dominante;
- T-Tecto 3.0 (Zalohar 2009), para confecção e interpretação de estereogramas mediante a aplicação do Método dos Diedros Retos;
- CorelDraw 14 para a confecção das figuras e esquemas.

5 Metodologia

As atividades desenvolvidas nesse trabalho envolveram levantamento de bibliografia pertinente ao tema, atividades de campo, coleta de dados e descrição litológica, integração dos dados de campo com dados da bibliografia e análise e interpretação dos resultados obtidos. O levantamento bibliográfico baseou-se não somente na geologia regional, mas sobretudo em fundamentação teórica acerca dos métodos utilizados para determinação de paleotensões, os quais serão descritos a seguir.

A descrição dos litotipos e caracterização estrutural foram feitas com dados coletados em levantamentos de campo no extremo leste da Bacia de Resende e na de Volta Redonda (Figura 3). Foram coletadas neste trabalho um total de 53 medidas de diques, as quais, somadas a outros 42 dados anteriormente obtidos pelo orientador deste trabalho, foram empregadas para a caracterização do campo de esforços vigente durante o Neocretáceo. Estruturas como fraturas, juntas, falhas e estrias foram utilizadas para a caracterização da tectônica responsável pela instalação e deformação do *rift* durante o Paleógeno.

5.1 Dados de Falhas e Estrias

Os dados de falhas e estrias obtidos foram plotados em estereograma com auxílio do software *T-Tecto 3.0* (Zalohar 2009). Com o emprego do método dos diedros retos (Right Dieder Method, RDM), proposto por Angelier & Mechler (1977), é possível separar no espaço os campos distensivos e compressivos. O procedimento parte da construção de um plano auxiliar, ortogonal à superfície de falha e à estria nele contida (Figura 4), gerando no espaço quatro diedros, sendo dois opostos compressivos e dois opostos distensivos. A metodologia é aplicada para todos os pares falha/estria medidos em campo e posteriormente é feita a superposição das configurações obtidas. As áreas nas quais predominarem os campos compressivos serão as de maior probabilidade de conterem a tensão principal máxima, σ_1 e, da mesma forma, as áreas nas quais predominarem os campos distensivos serão as mais prováveis de conterem a tensão principal mínima, σ_3 .

Para os planos de falha nos quais as estrias apresentavam-se oblíquas foi considerado o *rake* (ângulo medido no plano de falha entre a estria e a direção do plano) para a determinação da componente de movimentação dominante. Caso o *rake* apresente valor inferior a 45° o rejeito direcional é mais expressivo que o de mergulho, fato que implicaria em uma falha com componente sinistral ou dextral. Para um *rake* de exatamente 45° as componentes de movimentação apresentam pesos iguais e, valores maiores que 45° , indicam que a componente de movimentação de mergulho é dominante em relação à componente direcional.

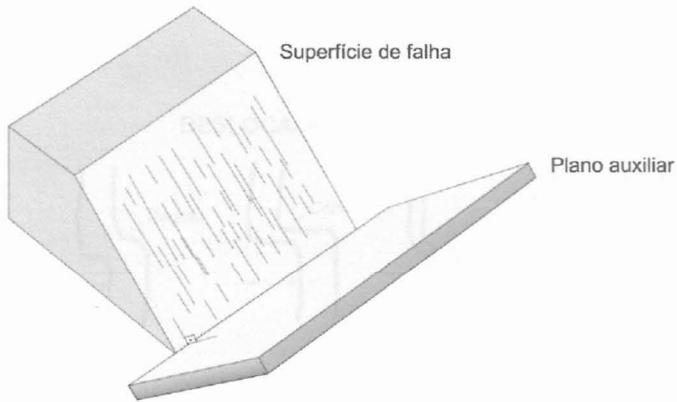


Figura 4 - Esquema ilustrando o processo de construção de plano auxiliar para a separação dos diedros compressivos dos distensivos utilizando-se o Método dos Diedros Retos (RDM).

5.2 Dados de Diques

Segundo diversos autores (e.g. Zoback 1992), diques de rochas ígneas são bons indicadores tectônicos pois quando são injetados na crosta tendem a se posicionar perpendicularmente a direção de menor tensão (Figura 5A). Anderson (1972) propõe que a intrusão desses corpos ígneos na crosta é função da pressão interna do próprio fluido e do esforço normal ao plano da estrutura. O autor sugere que a orientação mais favorável ao plano do dique é de fato perpendicular à direção de distensão, σ_3 . Desse modo, em uma região onde a crosta está submetida a um campo de esforços homogêneos espera-se encontrar diques planares, subparalelos entre si e orientados na direção do esforço máximo horizontal. Nos casos em que o campo de tensões apresenta variações ao longo do tempo e/ou espaciais os diques apresentarão morfologia diferente, não planar, indicando que a intrusão ocorreu segundo uma trajetória curva. Algumas feições observadas nas bordas dos diques, como planos de separação ou degraus, são típicas de regime tectônico transcorrente (Figura 5B e 5C). A Figura 5D resume os possíveis modos de intrusão dos diques de rocha ígnea na crosta sob campo de tensões homogêneo ou variável.

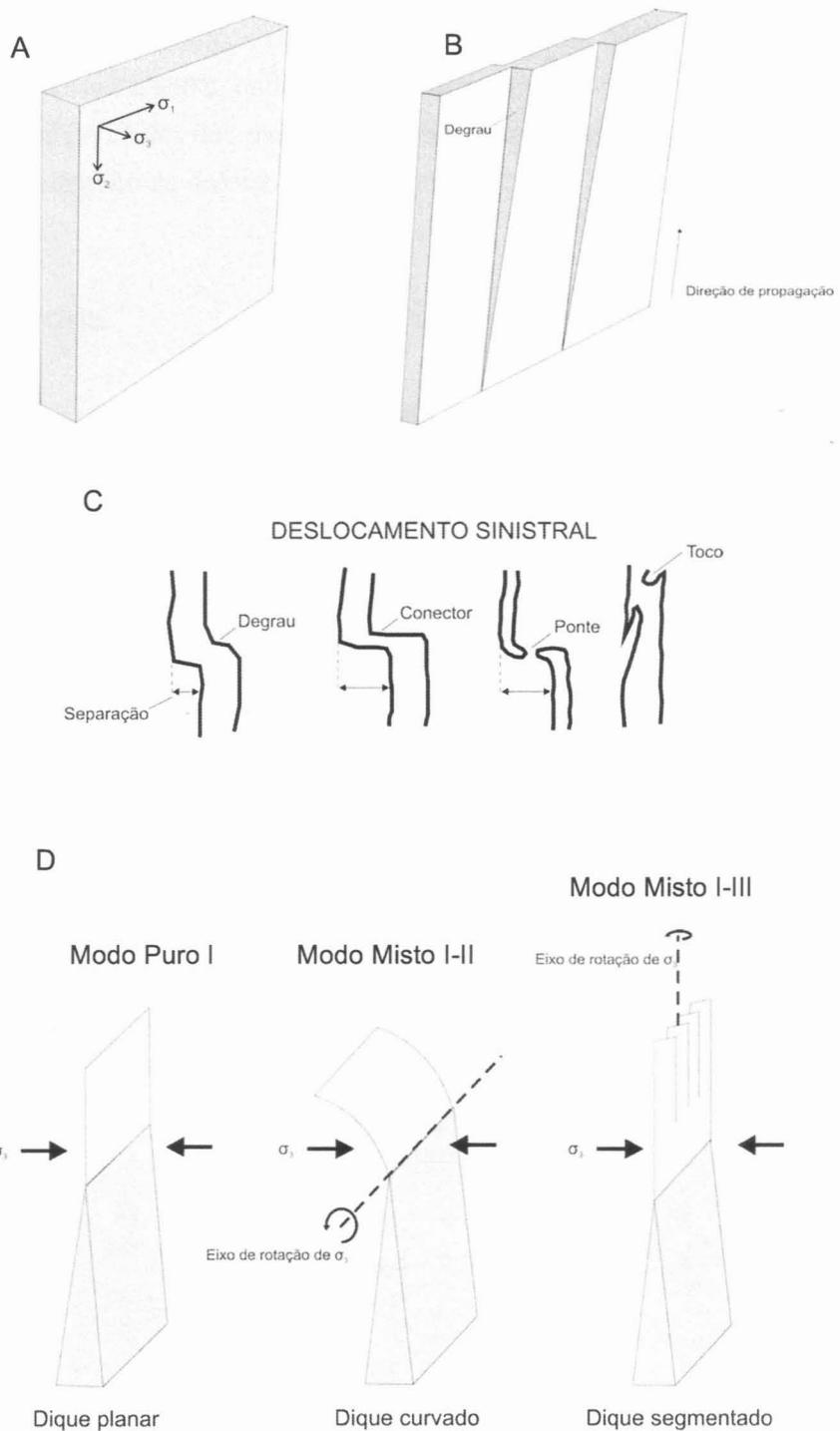


Figura 5 - A - Esquema ilustrando dique na vertical com o campo de tensões associado; B – Esquema de configuração possível de dique intrudido sob movimentação lateral; C – Esquema de diques em regime transcorrente sinistral vistos em planta; D – Esquema ilustrando os possíveis Modos de Colocação de diques. Modo Puro I - σ_3 perpendicular ao plano do dique, gerando um dique planar, Modo Misto I-II - σ_3 sofre rotação ao longo de um eixo paralelo a direção do dique, Modo Misto I-III, σ_3 sofre rotação segundo o eixo de propagação do dique. Imagens extraídas de Chiessi (2004).

As atitudes coletadas de diques foram plotadas em estereogramas com a ajuda dos softwares StereoNett e DIPS, onde foram separados segundo a descrição litológica. A partir das orientações principais dos diques é possível determinar a direção principal de distensão σ_3 , ortogonal à direção de esforço horizontal máximo.

6 Resultados

Os dados apresentados neste relatório foram adquiridos basicamente em duas áreas principais destacadas na Figura 6, onde foram feitas descrição litológica e coleta de medidas estruturais referentes a falhas e diques. Um dos locais estudados situa-se no extremo leste da Bacia de Resende (coordenadas 22°23'11.4"S e 44°15'48.7"W), nas proximidades de Quatis (Figura 7A). O outro local localiza-se na Bacia de Volta Redonda (coordenadas 22°30'52.3"S e 44°04'34.7"W), no bairro Jardim Amália, Volta Redonda (Figura 7B).

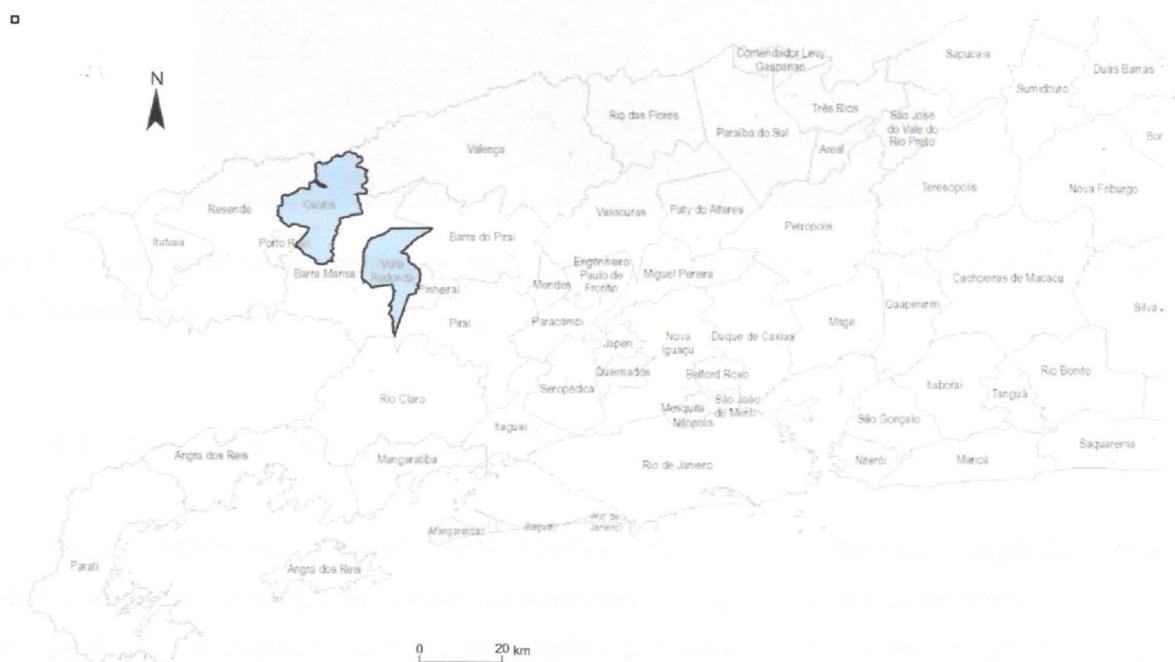
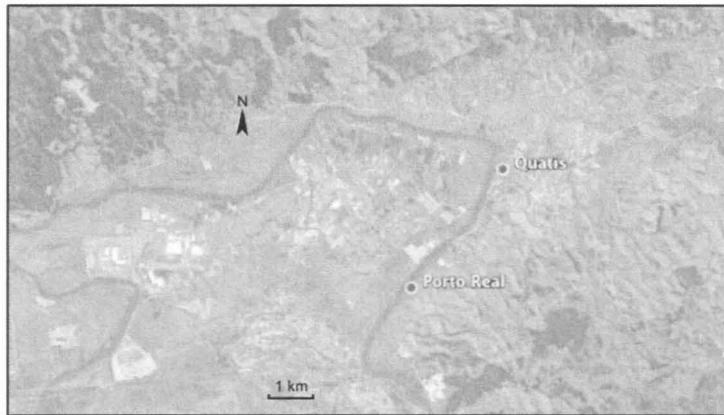


Figura 6 – Mapa da porção sul do estado do Rio de Janeiro com destaque para as áreas de coleta de dados, municípios de Quatis e Volta Redonda.

A



B



Figura 7 - Imagens de satélite mostrando as regiões de Quatis (Foto A) e Volta Redonda (Foto B), locais de coleta de dados.

6.1 Descrição dos Litotipos

Nos afloramento visitados em Quatis, RJ, foram descritos depósitos mal selecionados, com presença de clastos subcentimétricos a centimétricos dispersos em uma matriz argilosa, interpretados como pertencentes à Formação Resende, representante de um sistema deposicional de leque aluvial. As rochas do embasamento local são bandadas, com textura gnáissica e feições de anatexia, por vezes brechadas, compostas por plagioclásio, biotita e quartzo, em geral bem alteradas.

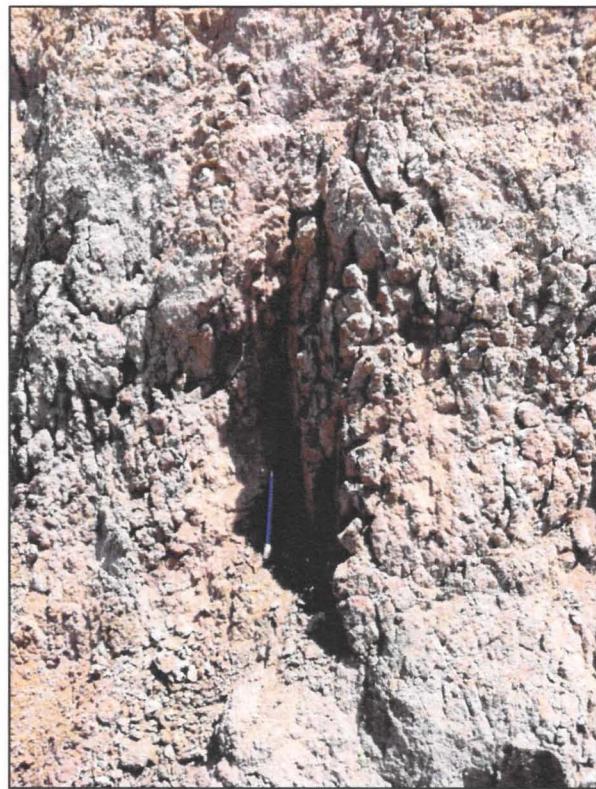


Figura 8 - Depósitos mal selecionados e inconsolidados da Formação Resende, representada por lamitos esverdeados com clastos variados, com destaque para a presença de *stone-lines* (foto à esquerda) e espelho de falha normal (foto à direita).

Os diques estudados encontram-se encaixados nos gnaisses alterados do embasamento e são essencialmente de três tipos: diabásio, rocha alcalina (traquito) e rocha ultrabásica (lamprófiro). Os diques de diabásio apresentam as maiores espessuras, decimétricas a métricas, podendo alcançar até 10 metros e, normalmente, encontram-se melhor preservados, sendo possível reconhecer cristais milimétricos de feldspato dispersos em uma matriz afanítica. Os diques de traquito foram identificados pela cor de alteração característica (em tons de cinza claro e amarelo, Figura 9A) e pela granulação fina. Apresentam em geral espessuras métricas, alcançando o máximo de 15 metros. Os diques de lamprófiro (Figura 9B) foram identificados pela coloração tipicamente acinzentada, com cristais milimétricos de biotita euédrica e também de mineral ferro-magnesiano bem oxidado, dispersos em uma matriz afanítica. Esses diques apresentam espessuras decimétricas a pouco mais de um metro, sendo o valor máximo encontrado de 1,5 metros. O alto grau de alteração desses corpos tornou difícil o reconhecimento de estruturas nas bordas, porém, foi possível observar que o contato dos diques com as encaixantes é predominantemente retilíneo. A Tabela 1 anexada a este trabalho apresenta um sumário dos dados obtidos para os diques.

Em áreas próximas aos maciços alcalinos foram descritas faixas constituídas por brechas silicificadas em estrutura tipo *stock-work*, nas quais foi possível distinguir fragmentos do embasamento e de rocha alcalina.

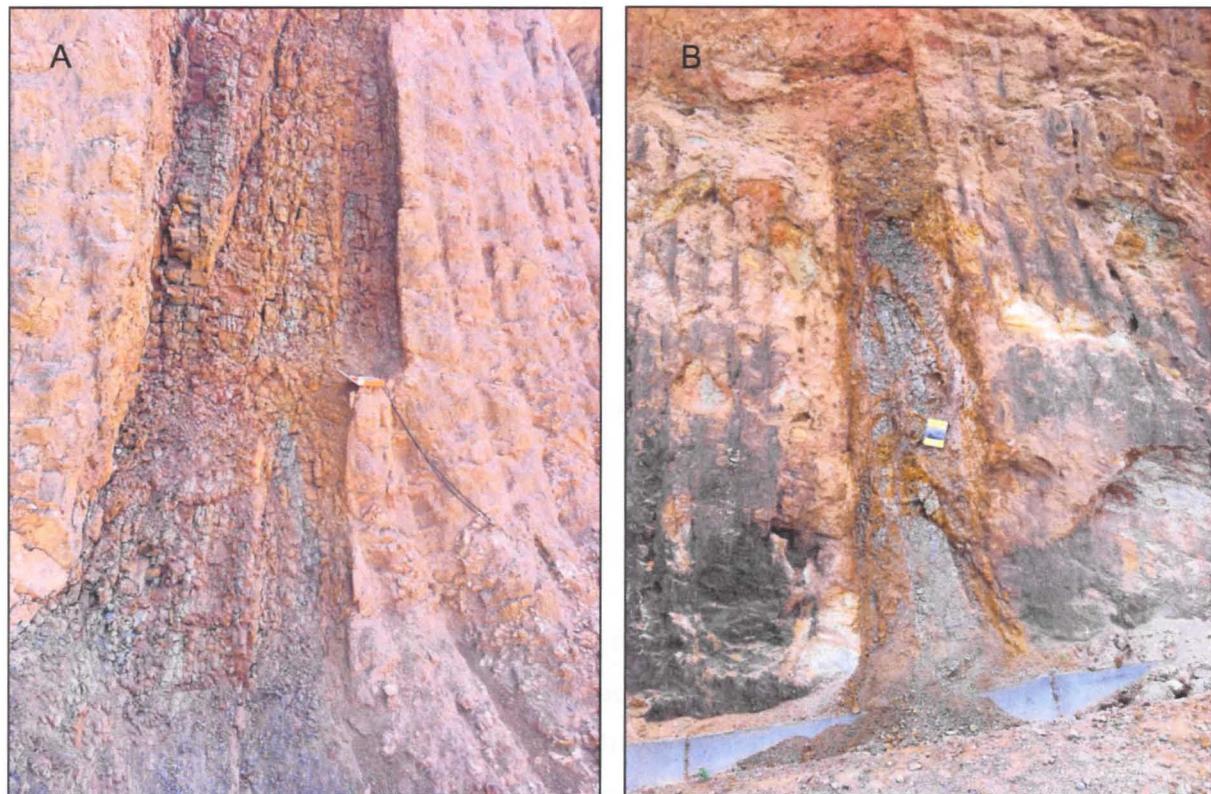


Figura 9 - Diques decimétricos de traquito (foto à esquerda) e de lamprófiro (foto à direita) com presença de uma faixa de oxidação na borda.

6.2 Dados Estruturais

Os resultados obtidos referentes às estruturas observadas, descritas e medidas em campo são apresentados a seguir, sendo primeiro apresentados os dados obtidos em falhas e depois os dados adquiridos em diques. Além desses, foram coletadas dados de foliação das rochas do embasamento gnáissico, totalizando 278 medidas as quais foram plotadas no estereograma da Figura 10. Quase que invariavelmente as medidas adquiridas apresentam tendência NE-SW, salvo poucas exceções, como é possível notar no diagrama de roseta da Figura 10.

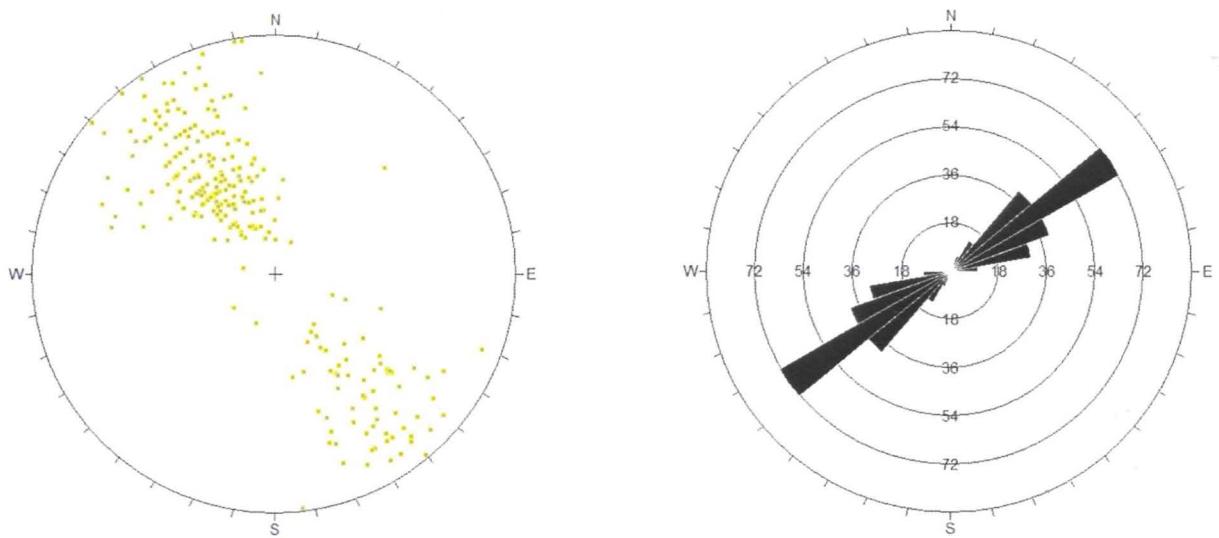


Figura 10 - Projeções polares das foliações das rochas do embasamento do RCSB.

6.2.1 Dados de Falhas

A caracterização estrutural das falhas fundamentou-se essencialmente nas medidas efetuadas nas atividades de campo e reconhecimento de estruturas como estrias de atrito e degraus, que são feições de extrema importância para a caracterização cinemática dessas estruturas. Os dados estruturais referentes às falhas coletados em Quatis e Jardim Amália foram tratados com auxílio do software *T-Tecto 3.0*. Nos estereogramas apresentados a seguir foram plotadas as atitudes dos planos de falha e das estrias neles contidas. Os planos de falhas são representados pelas projeções ciclográficas no hemisfério inferior da rede de Schmidt-Lambert. As estrias são representadas por setas contidas nos planos de falha e indicam a direção e sentido de movimento.

As informações obtidas em Quatis apresentam certa heterogeneidade quanto à direção dos planos e indicam predomínio de populações de falhas com direções WNW-ESE a NW-SE. Na Figura 11 estão plotadas todas as falhas medidas na região com as respectivas estrias, totalizando 36 planos, a maior parte de rejeito normal, das quais apenas 3 são de componente de movimentação inversa.

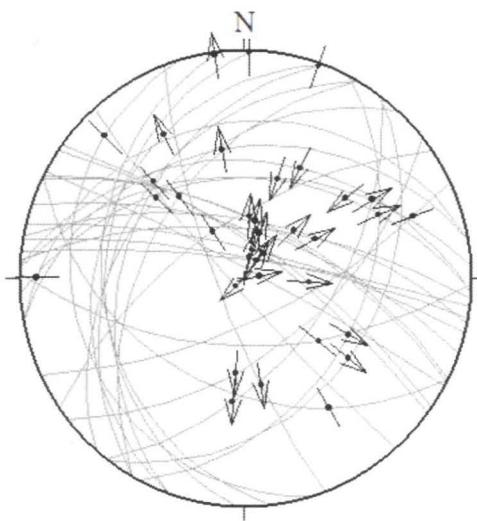


Figura 11 - Estereograma com dados de falhas e estrias obtidos em Quatis, RJ.

Através da análise do estereograma da Figura 11 é possível distinguir quatro famílias de falhas principais, das quais três são de componente normal e uma inversa. Duas dessas famílias são marcadas por direções WNW-ESE a NW-SE (Figuras 12 e 16) com mergulhos preferenciais para N e NE ou então, mais raramente, para S e SW, com componente de movimentação normal. Nas Figuras 12 e 15 foram plotadas as falhas caracterizadas em campo como sin-sedimentares, sendo a primeira referente ao ponto VR-1176 ilustrado na Figura 13.

Um terceiro conjunto de falhas caracteriza-se por estruturas de direção NNE-SSW a NE-SW com mergulhos moderados para WNW e NW ou para SE (Figura 17), todas de componente normal. Umas dessas estruturas é apresentada na Figura 14, com o respectivo plano estriado. O quarto grupo é representado por falhas inversas de direção aproximada E-W e mergulhos moderados para N (Figura 18).

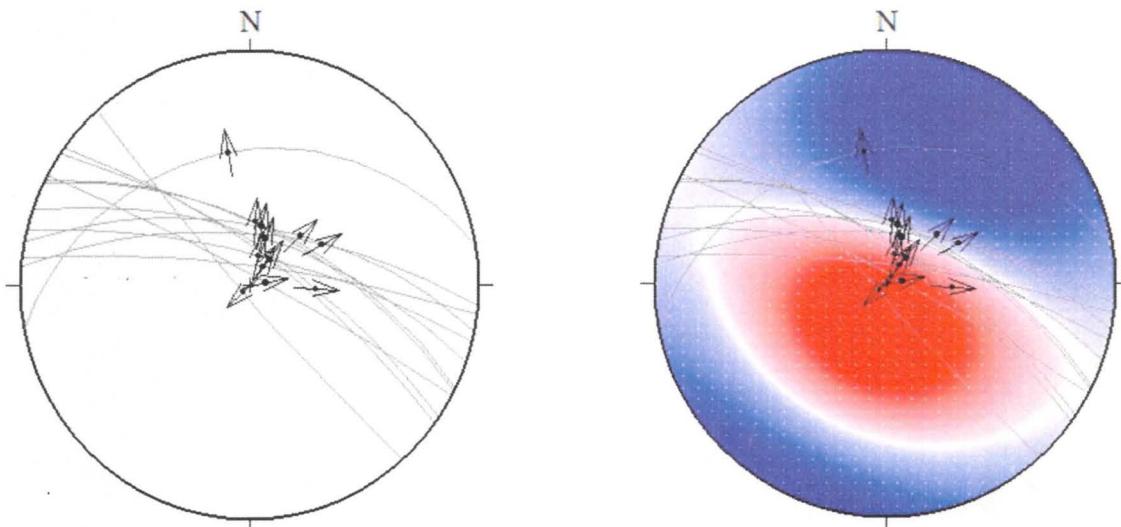


Figura 12 - Estereograma com falhas sin-sedimentares WNW-ESE a NW-SE.

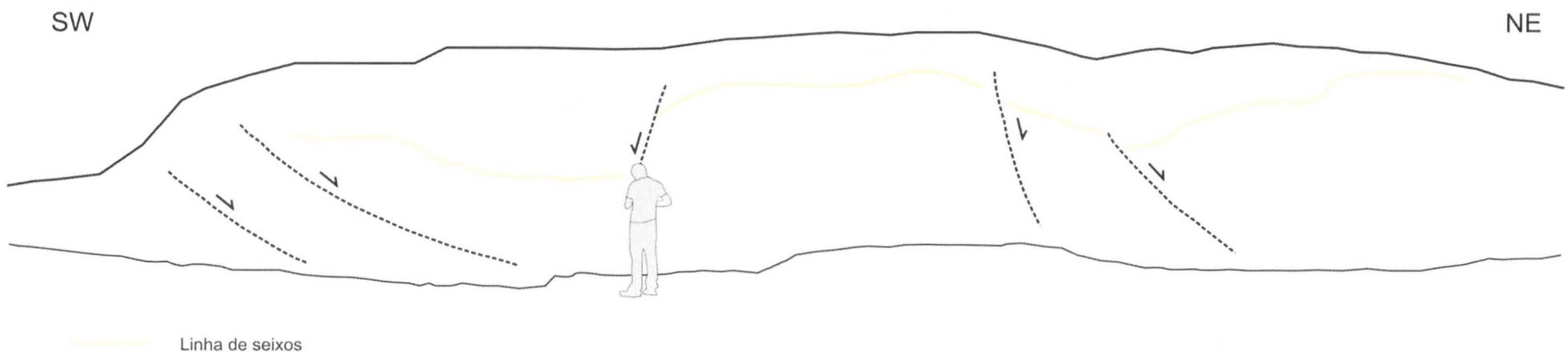


Figura 13 - Local de coleta de dados estruturais, ponto VR-1176, localizado no município de Quatis, RJ, com presença de diversas falhas sin-sedimentares de componente normal.

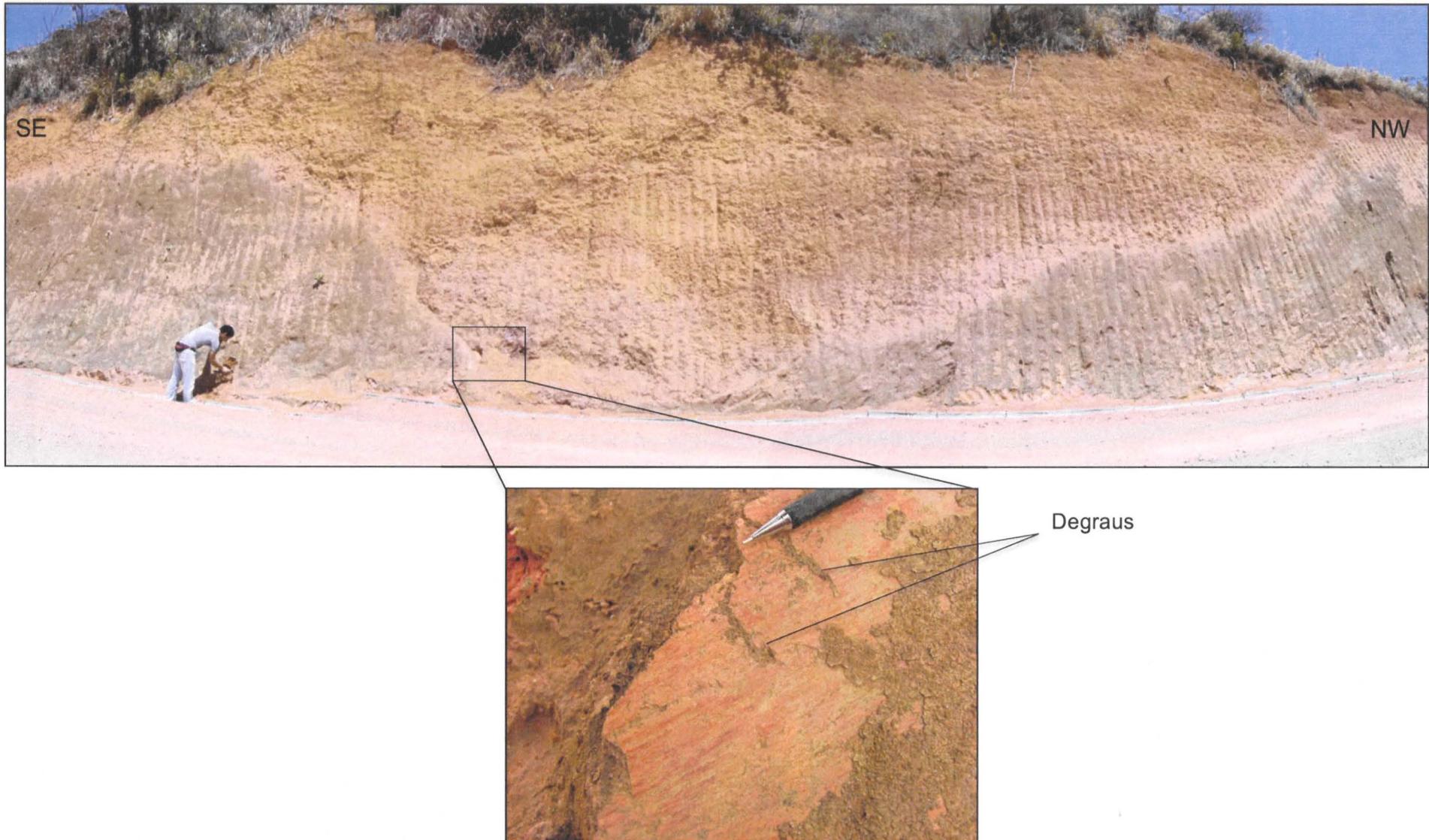


Figura 14 - Falha em corte de estrada de terra nos arredores de Quatis, ponto VR-1172, com respectivo plano estriado no qual é possível observar duas gerações de estrias, sendo uma com degraus que indicam reativação inversa da estrutura.

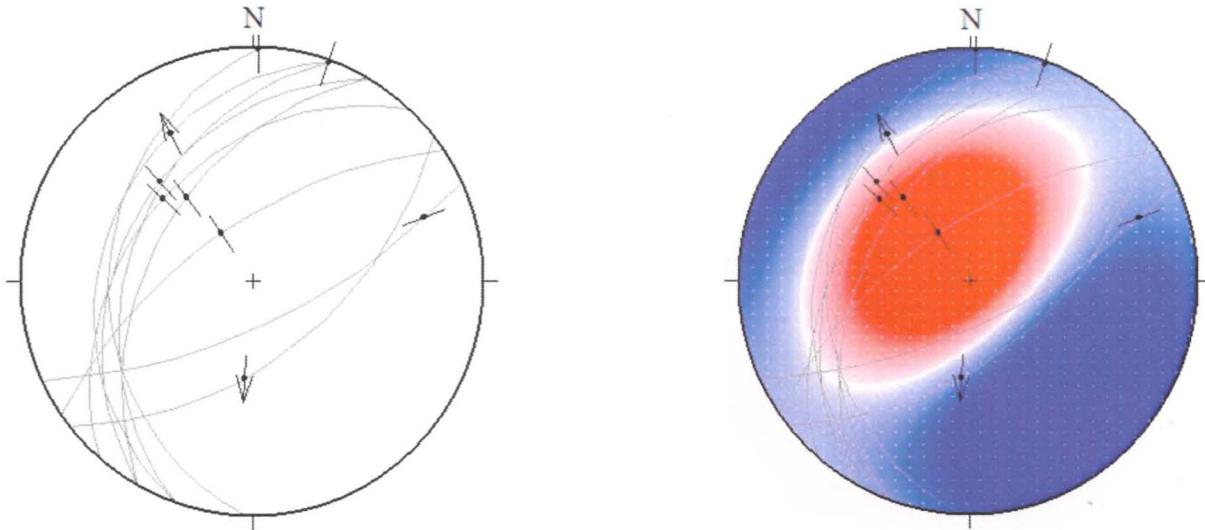


Figura 15 - Falhas sin-sedimentares NNE-SSW a NE-SW obtidas em Quatis.

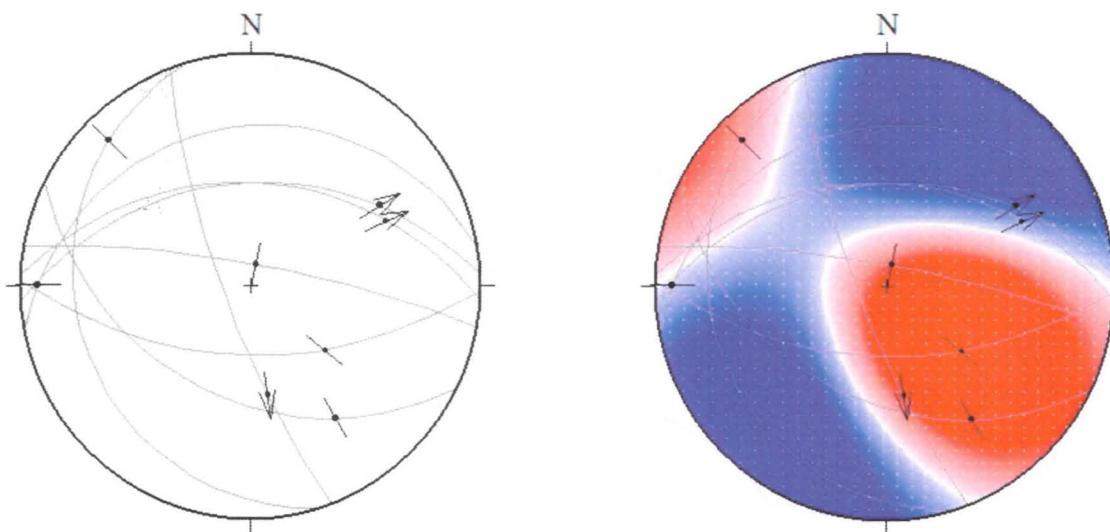


Figura 16 - Falhas de componente normal WNW-ESE a NW-SE Quatis.

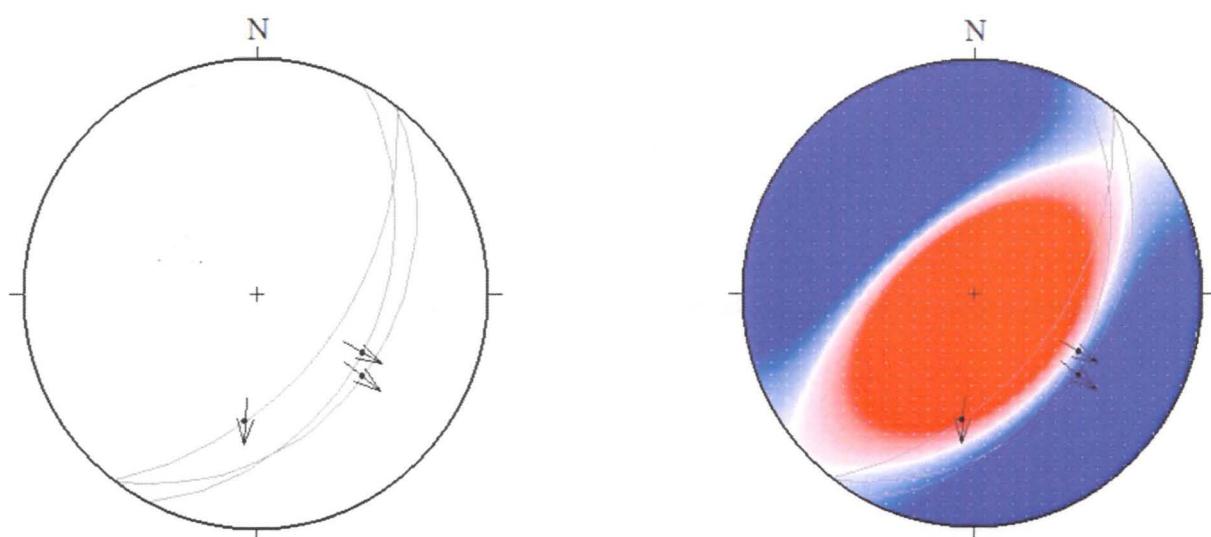


Figura 17 - Falhas normais NE-SW observadas em Quatis.

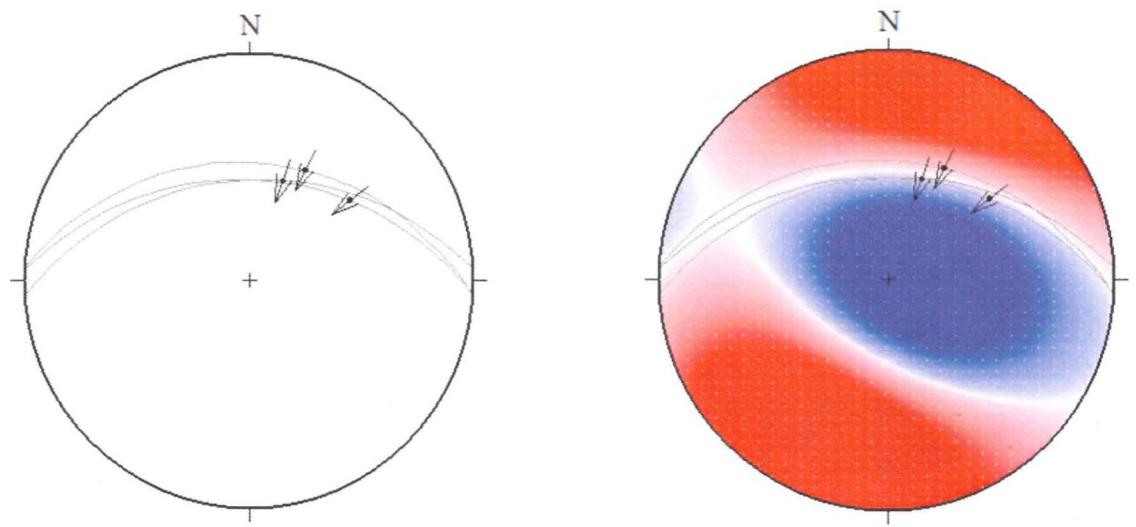


Figura 18 - Falhas inversas E-W observadas em Quatis.

Os dados de Jardim Amália (Figura 19) em comparação com os dados coletados em Quatis, apresentam-se menos distribuídos espacialmente e correspondem à falhas normais por vezes com componente de movimentação direcional dextral, definido em campo por meio de marcadores estratigráficos. Dentre as direções principais destacam-se as de tendência aproximada E-W e NE-SW com mergulhos preferencialmente para S e SE, respectivamente.

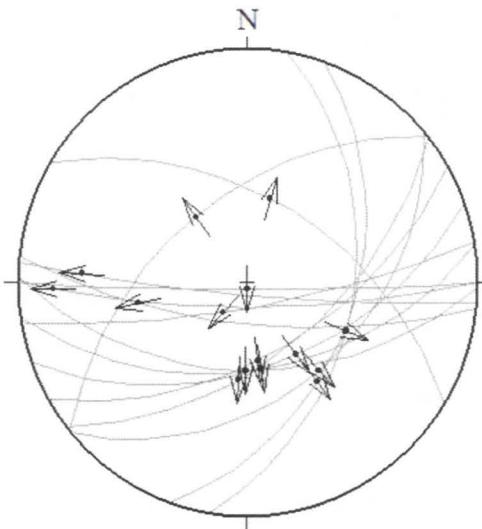


Figura 19 - Estereograma com falhas e estrias medidas na área de Jardim Amália.

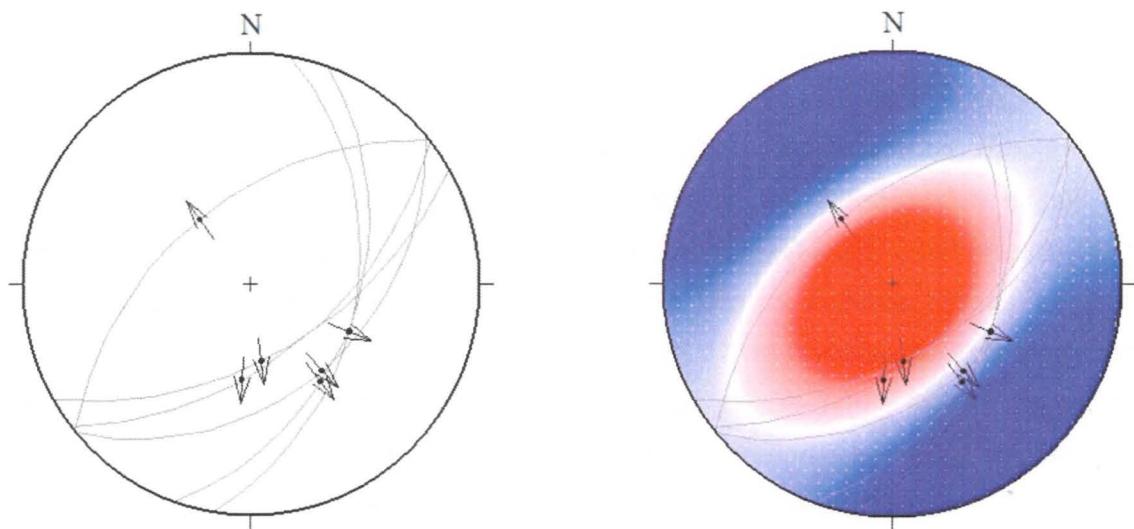


Figura 20 – Falhas normais de altitude NE-SW medidas em Jardim Amália, Volta Redonda, RJ.

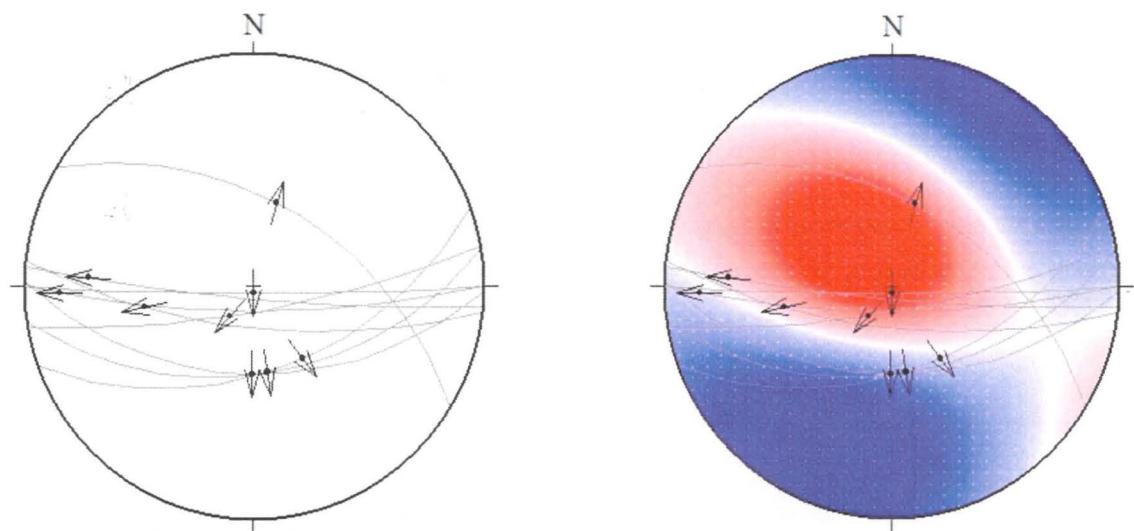


Figura 21 - Falhas de altitude aproximada E-W com variações para ENE e ESE, de componentes normal ou dextral, observadas em Jardim Amália.

Na Figura 20 foram separadas as falhas de direção NE-SW e mergulhos moderados a altos para SE e NW. O *rake* maior que 45° das estrias nesses planos indica que o rejeito de mergulho é mais expressivo que o direcional. As estruturas de direção aproximada E-W, com pequenas variações para ENE ou ESE, são apresentadas no estereograma da Figura 21, através do qual nota-se a componente dextral de algumas falhas e o predomínio de mergulhos altos dessas estruturas.

6.2.2 Resultados de Diques

As informações coletadas em diques de rochas ígneas encontram-se sumarizadas na Tabela 1 anexada a este trabalho, onde constam o rumo de mergulho, ângulo de mergulho, descrição litológica e espessura aproximada. As atitudes dos diques foram plotadas no hemisfério inferior dos estereogramas com os softwares StereoNett e DIPS. A Figura 22 apresenta as projeções polares dos 95 diques individualizados segundo a descrição litológica, dentre os quais 54 são de traquito, 17 de diabásio e 24 de lamprófiro. A Figura 23 mostra o mapa geológico simplificado da região onde esses corpos foram descritos. Dentre as atitudes encontradas para os diques predominam os de direção NE-SW com mergulhos para SE, perfazendo mais da metade dos dados coletados.

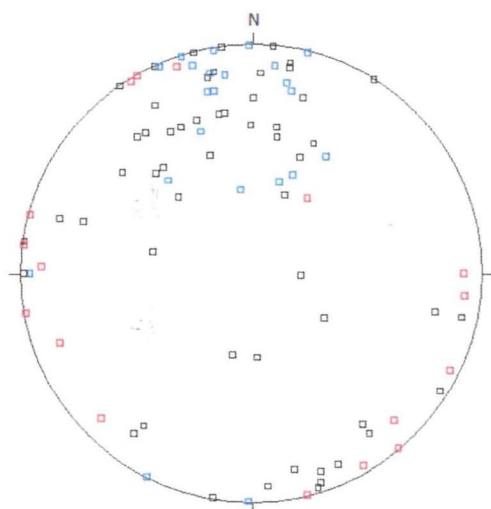


Figura 22 - Projeções polares dos diques de diabásio (vermelho), rocha alcalina (preto) e lamprófiro (azul).

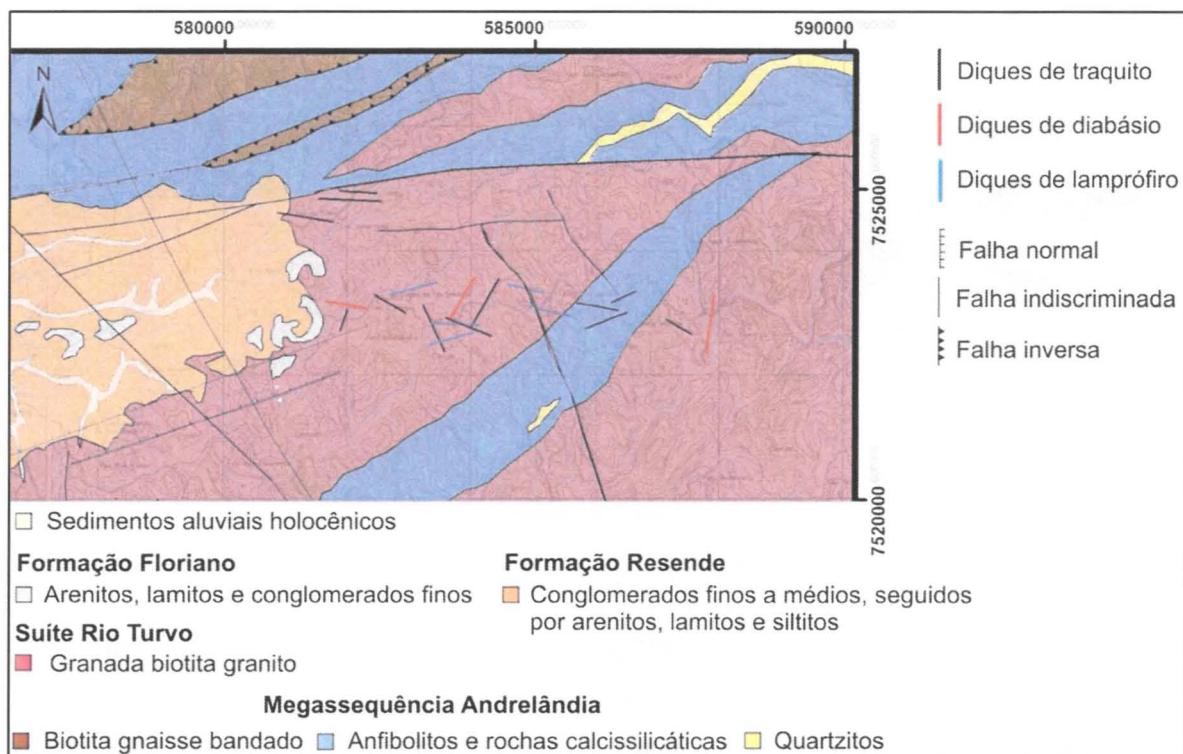


Figura 23 - Mapa geológico simplificado da região próxima de Quatis com alguns dos diques descritos nas atividades de campo. Modificado de CPRM (Folha Sta. Rita de Jacutinga, SF23-Z-A-II).

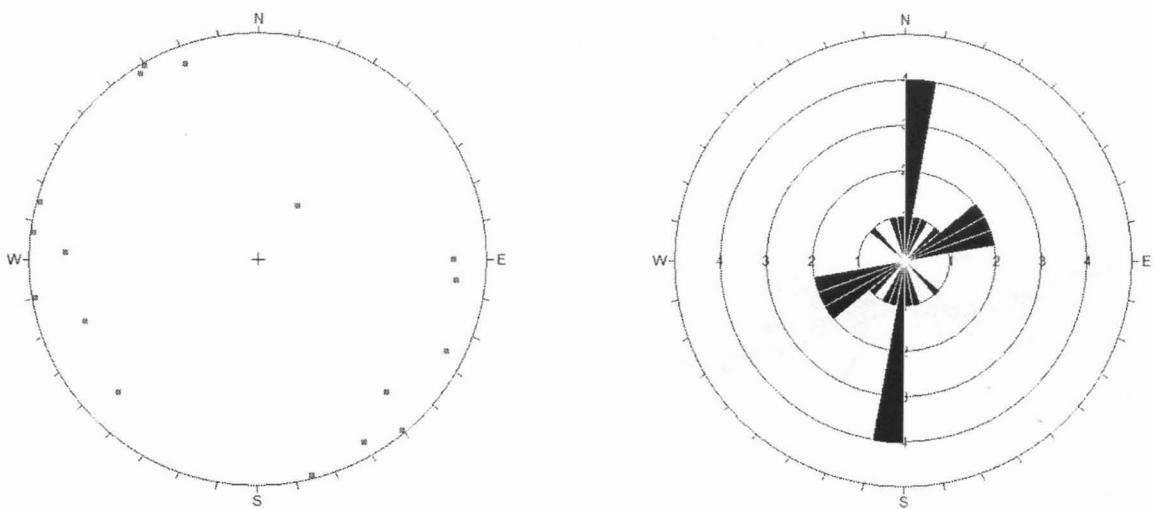


Figura 24- Projeções polares dos diques de diabásio.

No estereograma da Figura 24 é possível notar que as projeções polares dos diques de diabásio apresentam-se bem distribuídas, concentrando-se no perímetro do estereograma, fato que esta relacionado ao alto ângulo de mergulho desses corpos (Tabela 1). O diagrama de roseta revela uma tendência geral dos diques de diabásio na direção NNE-SSW com orientações NE-SW menos frequentes e, ainda, ocorrências mais restritas NW-SE.

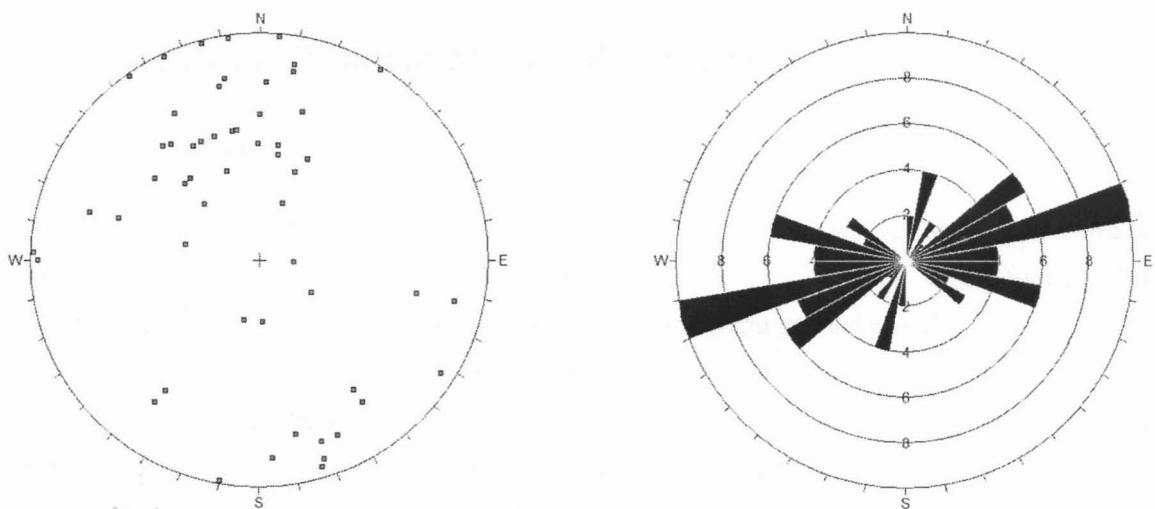


Figura 25 – Projeções polares dos diques de traquito

Pela análise do estereograma da Figura 25 e do respectivo diagrama de roseta, nota-se que os pólos dos diques de traquito tendem a se concentrar nos quadrantes NW e SE do estereograma, fato que implica em um *trend* estrutural dominantemente NE-SW a

WSW-ENE, com ocorrências subordinadas NNE-SSW, WNW-ESE a NW-SE. Esse diques apresentam ângulos de mergulho variados não havendo uma tendência geral.

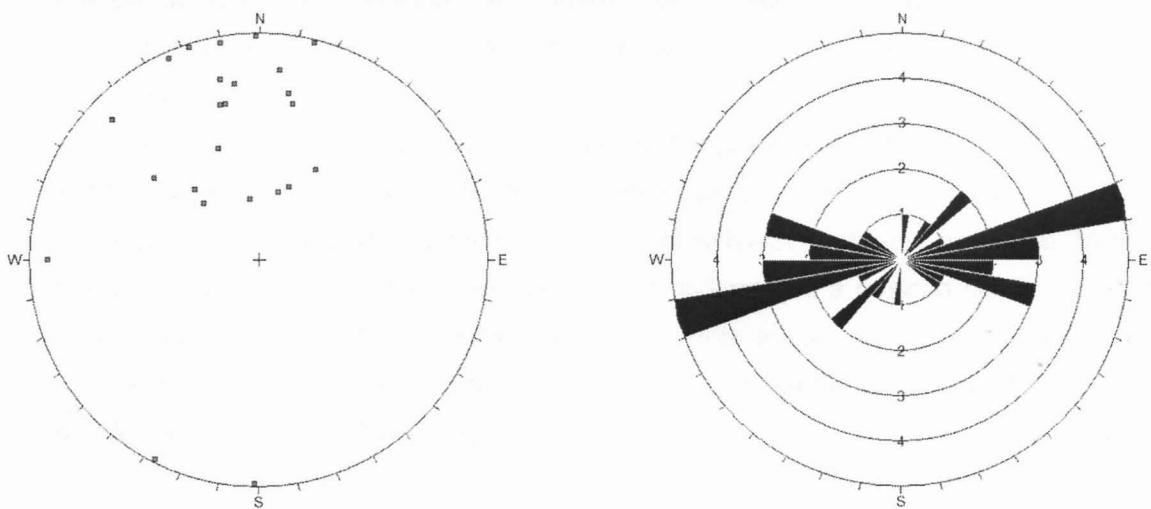


Figura 26 - Projeções polares dos diques de lamprófiro.

Com o estereograma da Figura 26 e o respectivo diagrama de roseta nota-se uma similaridade entre as atitudes dos diques de traquito e os diques de lamprófiro. As projeções polares destes concentram-se no quadrante NW, o que indica direções predominantemente NE-SW a ENE-WSW, com ocorrências ESE-WNW subordinadas e apenas uma ocorrência N-S.

7 Interpretação e Discussão dos Resultados

7.1 Diques

As informações adquiridas nos diques foram tratadas com os programas DIPS e StereoNett onde foram plotadas as projeções polares dos corpos e confeccionados diagramas de roseta para facilitar a visualização da tendência geral das estruturas.

Nos levantamentos de campo, todos os diques descritos foram observados em cortes verticais de estrada, sendo muito difícil o reconhecimento de estruturas apresentadas na Figura 5-C, tipicamente encontradas sob condições de deslocamento lateral de blocos. Além disso, o alto grau de alteração desses corpos impossibilitou o reconhecimento de deformações inelásticas eventualmente presentes nas bordas desses corpos.

Os diques de diabásio descritos na região fazem parte do enxame de diques Santos-Rio de Janeiro (Renne *et al.* 1996) e correspondem ao magmatismo eocretáceo associado a Reativação Sul-Atlântiana responsável pela separação entre América do Sul e África. A configuração observada para essas estruturas (Figura 24) sugere a presença de esforços distensivos predominantemente orientados na direção WNW-ESE, com variações para NW-SE

e componente compressiva de direção aproximada N-S, variando para NE-SW. O alto ângulo de mergulho desses corpos indica que a intrusão foi controlada essencialmente pela direção de distensão principal σ_3 . Diques com direções NW-SE são mais raros e possivelmente foram intrudidos em profundidades mais rasas, seguindo descontinuidades preexistentes.

As direções dos diques de traquito e de lamprófiro são similares (Figuras 25 e 26 respectivamente) tendo em vista a contemporaneidade desses litotipos, e indicam a presença de uma componente distensiva principal NNW-SSE atuante na região. Variações nas direções e nos ângulos de mergulho podem indicar que a posição do esforço mínimo principal (σ_3) não foi o único controle estrutural durante a intrusão desses corpos. A Figura 27 mostra um exemplo no qual a rotação de σ_3 gerou um padrão encurvado do dique que foi intrudido sob o Modo Misto I-II (Figura 5-D).



Figura 27 – Dique de traquito decimétrico encurvado para o topo indicando intrusão sob Modo Misto I-II.

Corpos com direções WSW-ENE são os mais frequentes, tanto de traquito quanto de lamprófiro, e indicam que a região esteve submetida a uma distensão predominantemente NNW-SSE durante o Neocretáceo. Esses esforços foram os precursores da instalação das bacias do RCSR e estão associados ao evento transcorrente sinistral atuante na região durante o Neocretáceo (Riccomini 1995) ou Neocretáceo– Paleoceno (Ferrari 2001).

Variações na direção para NE-SW, NNE-SSW e NW-SE e no ângulo de mergulho desses diques sugerem que a intrusão não se deu apenas perpendicularmente à direção do

esforço principal mínimo, σ_3 , mas também segundo outros planos de anisotropia presentes na crosta. Essa idéia é defendida por Chiessi (2004), que menciona três motivos pelos quais esses diques poderiam aproveitar outras direções para sua colocação, sendo eles: 1) intrusão se deu muito próxima da superfície; 2) magnitude similar dos tensores σ_1 , σ_2 e σ_3 ; 3) magnitude similar entre a pressão do magma e os principais tensores.

A colocação desses corpos em níveis crustais mais rasos, portanto, faria com que descontinuidades secundárias associadas ao campo de tensões vigente durante o Neocretáceo – Paleoceno atuassem como direções preferenciais de propagação. Desse modo, fraturas P e R' do esquema de Riedel (sintéticas e antitéticas respectivamente, Figura 28) justificariam diques de direções NW-SE e NNE-SSW. Da mesma forma, a foliação das rochas do embasamento pré-cambriano (Figura 10) pode também ter sido utilizada como direção preferencial de propagação e explica diques com direções NE-SW.

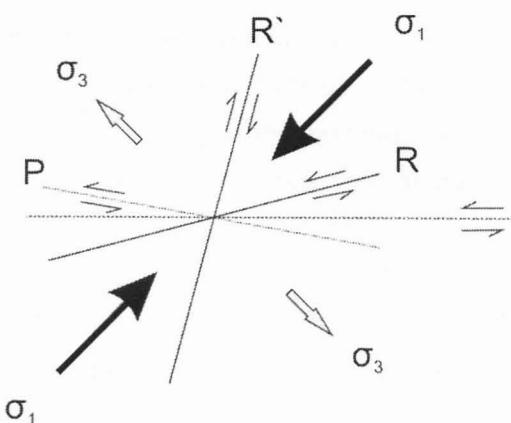


Figura 28 - Esquema de fraturas de Riedel.

7.2 Falhas

Aplicando-se o Método dos Diedros Retos (RDM) e efetuando-se a superposição das projeções com a ajuda do software T-Tecto foi possível delimitar no espaço os diedros compressivos e distensivos associados às populações de falhas e estrias. A hierarquização dessas estruturas foi uma tarefa difícil, nem sempre ficando claro em campo a relação entre os eventos.

A Figura 13 mostra o esquema de um afloramento com falhas normais WNW-ESE, caracterizadas como sin-sedimentares em relação à Formação Resende com base em horizontes não afetados no topo do afloramento, espelhos irregulares e camadas variando de espessura em direção ao plano de falha. Aplicando-se o RDM foi possível concluir que durante a deposição desta formação (Paleógeno) a região estava sob uma distensão NE-SW (Figura 12), fatos discordantes da distensão inicial NNW-SSE. No entanto, essa

diferença pode ser atribuída ao fato desses pontos estarem localizados no interior da bacia e não na sua borda, sofrendo influência de esforços locais, ou ainda, as falhas WNW-ESE podem não estar vinculadas ao embasamento. No estereograma da Figura 15 estão plotadas falhas sin-sedimentares localizadas mais próximas à borda da Bacia de Resende. Estas estruturas apresentam atitudes NNE-SSE a NE-SW e são compatíveis com a distensão inicial NNW-SSE.

Falhas de mesma direção, componente normal, não caracterizadas como sin-sedimentares podem estar associadas a eventos tectônicos posteriores atuantes na região, como é o caso das estruturas de direção NNE-SSW a NE-SW e componente de movimentação normal, por vezes dextral, as quais indicam que a área esteve submetida a esforços puramente distensivos de direção WNW-ESE a NW-SE com σ_1 posicionado na vertical (Figuras 17 e 20). A Figura 14 apresenta um esquema de falha NE-SW com o respectivo plano estriado.

Falhas com componentes de movimentação normal, dextral ou sinistral de direção aproximada E-W com variações para WNW-ESE ou WSW-ENE (Figuras 16 e 21) indicam uma distensão de direção NE-SW e componente compressiva ortogonal posicionada a NW-SE, disposição compatível com a transcorrência dextral que afetou a região durante a transição Neógeno – Quaternário.

As falhas de componente inversa foram reconhecidas em campo pela presença de degraus no plano de falha. Esses dados foram tratadas com o RDM e sugerem que a região esteve submetida a uma compressão aproximadamente N-S com σ_3 na vertical (Figura 18). Os degraus observados no plano de falha truncam as estrias de componente de movimentação normal (Figura 14), indicando uma reativação tectônica dessas estruturas e, consequentemente, o caráter tardio do evento compressivo N-S em relação à distensão NE-SW. Esse estado de tensões é compatível com o último evento deformador do RCSB, ao qual associa-se uma distensão E-W holocênica.

8 Conclusões

O trabalho realizado permitiu compreender, ainda que de maneira preliminar, os regimes de esforços vigentes durante a colocação de enxames de diques de diabásio eocretáceos e de rochas alcalinas neocretáceas na região da Bacia de Volta Redonda e parte leste da Bacia de Resende, RJ. Esses regimes antecederam a instalação do Rift Continental do RCSB. Também foram obtidos dados de excelente qualidade sobre o tectonismo vigente durante e posteriormente à deposição da Formação Resende, e portanto durante a fase *rift* do RCSB. Os eventos tectônicos individualizados neste trabalho encontram-se resumidos na Figura 29.

As principais conclusões do trabalho podem ser assim delineadas:

1. os diques de diabásio mostram que foram encaixados sob uma distensão WNW-ENE; direções secundárias de diques de diabásio sugerem colocação sob influência de descontinuidades preexistentes;
 2. os diques de rocha alcalina e lamprófiro guardam estreita relação e dentre as direções medidas para esses corpos predominam as de tendência ENE-WSW, que indicam distensão NNW-SSE;
 3. a direção do esforço principal mínimo σ_3 não atuou como único controle estrutural para a intrusão dos diques; variações nas direções e mergulho dessas estruturas foram atribuídas a descontinuidades preexistentes, as quais podem corresponder a fraturas abertas sob o campo de esforços dominante na região durante o Nocretáceo ou então à própria foliação do embasamento;
 4. esforços distensivos de direção NE-SW foram responsáveis pela movimentação de falhas normais sin-sedimentares de direção WNW-ESE a NW-SE, às quais associa-se à deposição da Formação Resende;
 5. em pontos mais próximos à borda da Bacia de Resende falhas NE-SW indicam componente distensiva a NW-SE compatível com a abertura inicial das bacias do RCSB;
 6. Falhas de direção NE-SW indicam componente distensiva NW-SE e compressão vertical correspondente à fase de transcorrência sinistral que atuou na região durante o Mioceno;
 7. falhas com direção aproximada E-W podendo variar para WSW-ENE ou WNW-ESE indicam uma compressão NW-SE e distensão ortogonal, compatível com a transcorrência dextral atuante na região durante o Neógeno – Quaternário;
 8. a última fase deformacional submeteu a região a uma compressão praticamente N-S, à qual associam-se falhas inversas reconhecidas em campo pela presença de degraus na superfícies estriada.



Figura 29 - Quadro tectônico final da região estudada.

Referências Bibliográficas

- Almeida F.F.M. 1967. Origem e Evolução da Plataforma Brasileira. Rio de Janeiro, DNPM/DGM, 241, 36p.
- Alvarenga H.M.F. 1983. Uma Ave *Ratitae* do Paleoceno brasileiro: Bacia de Itaboraí, Rio de Janeiro, Brasil. *Bol. Museu Nacional – N. Ser., Geologia*, nº 41.
- Amaral G., Cordani U.G., Kawashita K., Reynolds J.H. 1966. Potassium-argon dates of basaltic rocks from Southern Brazil. *Geoch. Cosmoch. Acta*. 30:159-189.
- Amaral G., Bushee J., Cordani U.G., Kawashita K., Reynolds J.H. 1967. Potassium-argon ages of alkaline rocks from southern Brazil. *Geoch. Cosmoch. Acta*. 31: 117-142.
- Anderson E.M. 1972. The dynamics of faulting and dyke formation with application to Britain. *Hafner Publishing Company*, New York, 206 p.
- Angelier J. & Mechler P. 1977. Sur une méthode graphique de recherche des contraintes principales également utilisable en tectonique et en séismologie: la méthode des dièdres droits. *Bull. Soc. géol. France*, 19:1309-1318. Paris
- Bergqvist L.P. 1996. Reassociação do Pós-Crânio às espécies de ungulados da Bacia de São José de Itaboraí (Paleoceno), Estado do Rio de Janeiro e Filogenia dos "Candylarthra" e ungulados sul-americanos com base no Pós-Crânio. Tese de Doutoramento, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 406 p.
- Chiessi C.M. 2004. Tectônica Cenozóica do Maciço Alcalino de Passa Quatro (SP-MG-RJ). Dissertação de Mestrado, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, 117 p.
- Ferrari A.L. 2001. Evolução Tectônica do Graben da Guanabara. Tese de Doutoramento, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, 412 p.
- Janasi V.A. & Ulbrich H.H.G.J. 1991. Late Proterozoic granitoid magmatism in the State of São Paulo, southeastern Brazil. *Precambrian Res.*, 51:351-374.
- Lauar C.R.M 1988. Paleomagnetismo e correlações com idades radiométricas: alguns exemplos. São Paulo, (Seminário apresentado ao Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo), 29p.

Lima M.R. & Amador E.S. 1985. Análise palinológica dos sedimentos da Formação Resende, Terciário do Estado do Rio de Janeiro, Brasil. Série *Geologia*, Seção de Paleontologia e Estratigrafia, DNPM, 27(2): 371-378.

Lima M.R & Cunha F.L.S. 1986. Análise palinológica de um nível de linhito da Bacia de São José de Itaboraí, Terciário do Estado do Rio de Janeiro, Brasil. *An. Acad. Bras. Cienc.*, 58(4): 557-588.

Machado Filho L., Ribeiro M.W., Gonzalez S.R., Schenini C.A., Santos Neto A., Palmeira R.C.B., Pires J.L., Teixeira W., Castro H.E.F. 1983. Geologia. In: Projeto RADAMBRASIL (ed). *Folhas SF.23/24 Rio de Janeiro e Vitória*. Brasil-MME-SG-RADAMBRASIL, Rio de Janeiro, v. 32, p. 27-304.

Paula Couto C. 1952. Fossil Mammals from the beginning of the Cenozoic in Brazil. Condylarthra, Litopterna, Xenungulata and Astrapotheria. *Bull. Amer. Mus. Nat. Hist.*, 99(6): 335-394.

Renne P.R., Deckart K., Ernesto M., Féraud G., Piccirillo E.M. 1996. Age of the Ponta Grossa Dike Swarm (Brazil), and implications to Paranáflood volcanism. *Earth Plant. Sci. Lett.*, 144: 199-211.

Riccomini C. 1989. *O Rift continental do sudeste do Brasil*. Tese de Doutoramento, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, 256 p.

Riccomini C., Melo M.S., Carneiro C.D.R., Almeida F.F.M., Mioto J.A., Hasui Y. 1983. Sobre a ocorrência de um derrame de ankaramito na bacia de Volta Redonda (RJ) e sua importância na datação das bacias tafrogênicas continentais do sudeste brasileiro. In: SIMPÓSIO REGIONAL DE GEOLOGIA, 4, São Paulo, Resumos, p. 23-24.

Riccomini C., Melo M.S., Coutinho J.M.V. 1991. Late Cretaceous-Early Tertiary Ultrabasic Magmatism in the Western Part of the State of Rio de Janeiro, Brazil. In: Bol.IG-USP, Publ.Esp., 10:77-84.

Riccomini C. 1995. Padrão de Fraturamento do Maciço Alcalino de Cananéia, estado de São Paulo: relações com a tectônica mesozóico-cenozóica do sudeste do Brasil. *Revista Brasileira de Geociências*, 25(2): 79 – 84.

Riccomini C., Veláquez V.F., Gomes C.B. 2004. Tectonic control of Mesozoic and Cenozoic alkaline magmatism in central-southeastern Brazilian Platform. In: Comin-Chiaromonti P., Gomes C.B., (eds.) *Mesozoic to Cenozoic alkaline magmatism in the Brazilian Platform*. São Paulo, EDUSP-FAPESP, p. 1-26.

Scobbenhaus C., Campos D.A., Derze, G.R., Asmus, H.E. 1984. *Geologia do Brasil: Texto explicativo do mapa geológico do Brasil e da área oceânica adjacente, incluindo depósitos minerais, escala 1:2.500.000*. Brasília, MME-DNPM, 501p.

Zalohar J. 2009. T-Tecto 3.0. Integrated software for structural analysis of fault-slip data.
http://www2.arnes.si/~jzaloh/t-tecto_homepage.htm.

Zoback M.L. 1992. First-and Second-Order Patterns of Stress in the Lithosphere: The World Stress Map Project. *J. Geophys. Res.*, **97**(B8):11703-11728.

ANEXO

Tabela 1 - Dados estruturais de diques de diabásio, lamprófiro e rocha alcalina. Os dados de 1 a 42 são os dados prévios, anteriores às atividades de campo. A partir do 43º os dados referem-se à diques descritos nas atividades de campo.

| Dique | Rumo do Mergulho | Mergulho | Composição | Espessura (m) |
|-------|------------------|----------|------------|---------------|
| 1 | 27 | 89 | lamprófiro | 0,4 m |
| 2 | 179 | 89 | lamprófiro | <1,5 m |
| 3 | 134 | 83 | lamprófiro | 1-1,5 m |
| 4 | 1 | 89 | lamprófiro | 0,2 m |
| 5 | 343 | 87 | alcalina | 1 m |
| 6 | 302 | 30 | alcalina | 0,5 m |
| 7 | 36 | 75 | alcalina | 1 m |
| 8 | 10 | 89 | alcalina | - |
| 9 | 140 | 50 | alcalina | 10-15 m |
| 10 | 106 | 75 | alcalina | - |
| 11 | 143 | 65 | alcalina | 1,5 m |
| 12 | 107 | 65 | alcalina | 4 m |
| 13 | 10 | 89 | alcalina | - |
| 14 | 150 | 73 | alcalina | - |
| 15 | 160 | 45 | alcalina | 5 |
| 16 | 169 | 78 | alcalina | - |
| 17 | 342 | 85 | alcalina | - |
| 18 | 155 | 89 | alcalina | 1 |
| 19 | 167 | 76 | alcalina | - |
| 20 | 324 | 75 | alcalina | 4,5 m |
| 21 | 356 | 82 | alcalina | - |
| 22 | 165 | 89 | alcalina | 1-1,5 m |
| 23 | 160 | 60 | alcalina | 1,5 m |
| 24 | 341 | 80 | alcalina | - |
| 25 | 150 | 60 | alcalina | 1 m |
| 26 | 168 | 60 | alcalina | 1 m |
| 27 | 324 | 70 | alcalina | >3 m |
| 28 | 180 | 65 | alcalina | 1 |
| 29 | 172 | 89 | alcalina | 3 m |
| 30 | 185 | 89 | alcalina | 8 m |
| 31 | 136 | 50 | alcalina | 0,5 m |
| 32 | 80 | 89 | diabásio | 0,25 m |
| 33 | 320 | 89 | diabásio | 10 m |
| 34 | 97 | 89 | diabásio | 0,4-4 m |
| 35 | 92 | 80 | diabásio | - |
| 36 | 270 | 81 | diabásio | - |
| 37 | 330 | 86 | diabásio | 0,4-0,7 m |
| 38 | 70 | 77 | diabásio | 0,6 m |
| 39 | 148 | 88 | diabásio | 4,5 |
| 40 | 105 | 89 | diabásio | - |
| 41 | 150 | 89 | diabásio | 10 m |
| 42 | 160 | 85 | diabásio | 0,8 m |

| Dique | Rumo do Mergulho | Mergulho | Composição | Espessura (m) |
|-------|------------------|----------|------------|---------------|
| 43 | 212 | 89 | alcalina | 0,60 |
| 44 | 190 | 50 | alcalina | 0,65 |
| 45 | 145 | 89 | alcalina | - |
| 46 | 102 | 36 | alcalina | - |
| 47 | 216 | 33 | diabásio | 0,40 |
| 48 | 90 | 85 | lamprófiro | - |
| 49 | 202 | 45 | alcalina | 0,70 |
| 50 | 182 | 76 | alcalina | 0,29 |
| 51 | 273 | 17 | alcalina | 0,50 |
| 52 | 205 | 52 | alcalina | 0,14 |
| 53 | 179 | 54 | alcalina | 1,50 |
| 54 | 189 | 54 | alcalina | 0,20 |
| 55 | 316 | 78 | diabásio | 0,40 |
| 56 | 46 | 80 | diabásio | 2,12 |
| 57 | 296 | 85 | diabásio | 0,86 |
| 58 | 90 | 88 | alcalina | 0,93 |
| 59 | 92 | 89 | alcalina | - |
| 60 | 282 | 70 | alcalina | 0,30 |
| 61 | 168 | 78 | lamprófiro | 0,07 |
| 62 | 282 | 82 | alcalina | 0,37 |
| 63 | 160 | 55 | lamprófiro | 0,12 |
| 64 | 166 | 70 | lamprófiro | 0,99 |
| 65 | 170 | 88 | lamprófiro | 0 - 0,90 |
| 66 | 212 | 50 | lamprófiro | 0,62 |
| 67 | 357 | 30 | alcalina | 0,44 |
| 68 | 14 | 30 | alcalina | 0,93 |
| 69 | 186 | 80 | lamprófiro | 0,25 |
| 70 | 168 | 70 | lamprófiro | 0,80 |
| 71 | 336 | 80 | alcalina | 0,96 |
| 72 | 190 | 82 | alcalina | 0,88 |
| 73 | 302 | 86 | alcalina | 0,59 |
| 74 | 196 | 34 | lamprófiro | 0,52 |
| 75 | 172 | 30 | alcalina | 0,40 |
| 76 | 138 | 45 | alcalina | 0,79 - 0,92 |
| 77 | 192 | 70 | alcalina | 0,87 |
| 78 | 136 | 38 | lamprófiro | 0,85 |
| 79 | 128 | 60 | lamprófiro | 0,54 |
| 80 | 202 | 30 | lamprófiro | 0,53 |
| 81 | 202 | 38 | lamprófiro | - |
| 82 | 172 | 76 | lamprófiro | 0,76 |
| 83 | 162 | 89 | lamprófiro | 0,23 |
| 84 | 194 | 89 | lamprófiro | 0,08 - 0,15 |

| Dique | Rumo do Mergulho | Mergulho | Composição | Espessura (m) |
|-------|------------------|----------|------------|---------------|
| 85 | 156 | 88 | lamprófiro | - |
| 86 | 35 | 70 | alcalina | 0,56 |
| 87 | 348 | 76 | alcalina | 1,00 |
| 88 | 190 | 73 | lamprófiro | 0,40 |
| 89 | 190 | 80 | alcalina | 0,36 |
| 90 | 196 | 68 | alcalina | 0,08 - 0,40 |
| 91 | 140 | 66 | alcalina | 0,48 |
| 92 | 154 | 60 | alcalina | 0,49 |
| 93 | 170 | 60 | alcalina | 0 - 0,30 |
| 94 | 276 | 82 | diabásio | 2,00 |
| 95 | 346 | 89 | diabásio | 1,23 |