

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

**DIQUES DE ILHABELA-SP: PADRÃO TECTÔNICO E
DIVULGAÇÃO GEOCIENTÍFICA**

Karina Kawai Higa

Orientadora: Profa. Dra. Maria da Glória Motta Garcia
Coorientadora: Profa. Dra. Maria Irene Bartolomeu Raposo

MONOGRAFIA DE TRABALHO DE FORMATURA
(TF-2011 / 26)

SÃO PAULO
2011

TF
H634
KK.d

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

DEDALUS - Acervo - IGC



30900030342

**DIQUES DE ILHABELA-SP: PADRÃO TECTÔNICO E DIVULGAÇÃO
GEOCIENTÍFICA**



Karina Kawai Higa

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Maria da Glória Motta Garcia

Coorientadora: Prof^a. Dr^a. Maria Irene Bartolomeu Raposo

MONOGRAFIA DE TRABALHO DE FORMATURA
(TF-2011/26)

SÃO PAULO
2011

TF
H634
KK.d

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

DIOSES DE LIMAVERA-SP: PADRÃO TECNÔMICO E DIVULGAÇÃO
GEOCENTRÍCA



Kazuo Kawai Hidai

Querida Prof. Dr. Maia da Cunha Matos Garcia
Cooptação: Prof. Dr. Maia da Cunha Matos Garcia

MONOGRAFIA DE TRABALHO DE FORMAÇÃO
(TF-501156)

SÃO PAULO
2011

Sete mandamentos...

- " 1. Qualquer coisa que ande sobre duas pernas é inimigo.
- 2. Qualquer coisa que ande sobre quatro pernas, ou tenha asas, é amigo.
- 3. Nenhum animal usará roupas.
- 4. Nenhum animal dormirá em cama.
- 5. Nenhum animal beberá álcool.
- 6. Nenhum animal matará outro animal.
- 7. Todos os animais são iguais."

"Quatro pernas bom, duas pernas ruim"

Errata...

- "4. Nenhum animal dormirá em cama com lençóis.
- 5. Nenhum animal beberá álcool em excesso.
- 6. Nenhum animal matará outro animal sem motivo.
- 7. Todos os animais são iguais mas alguns são mais iguais que os outros."

"Quatro pernas bom, duas pernas melhor!"

Porquinho Napoleón

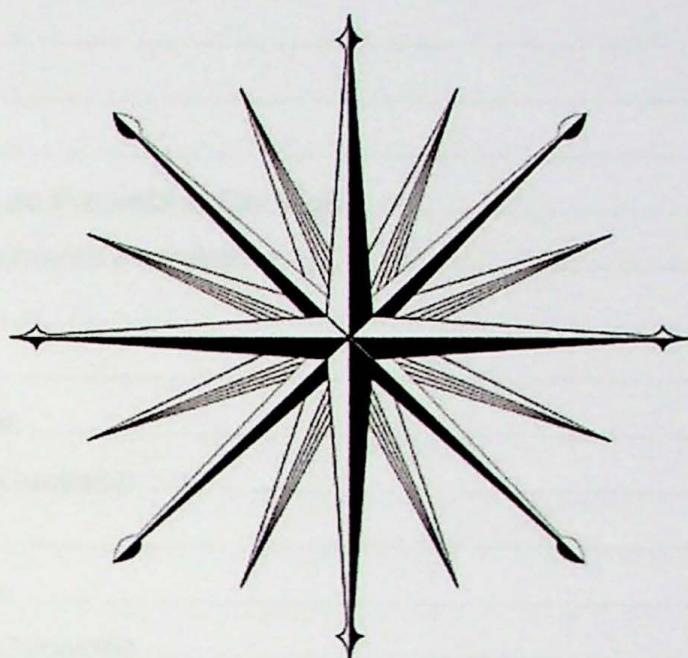
"A verdadeira bondade do homem só pode manifestar-se em toda a sua pureza e em toda a sua liberdade com aqueles que não representam força nenhuma. O verdadeiro teste moral da humanidade (o teste mais radical, aquele que por se situar a um nível tão profundo nos escapa ao olhar) são as suas relações com quem se encontra à sua mercê: isto é, com os animais. E foi aí que se deu o maior fracasso do homem, o desejo fundamental que está na origem de todos os outros."

MK

"Meus irmãos, eu não vos aconselho o amor ao próximo; aconselho — vos o amor ao mais afastado"
Truta

Agradecimentos...

...aos meus pais e a toda a minha família...



...à minha orientadora...

...à minha coorientadora...

...aos amigos e colaboradores...

À todos, um grande abraço e o meu muito obrigado!

Sumário

Resumo	1
Abstract.....	2
1. Introdução	3
2. Objetivos	6
3. Fundamentação Teórica	6
3.1. Geologia Regional	6
3.2. Padrão Tectônico.....	7
3.3. Conservação e divulgação do Patrimônio Geológico	13
4. Materiais, métodos e desenvolvimento do trabalho.....	17
5. Caracterização das Estações	19
5.1. ESTAÇÃO - 01 (E-01)	22
5.1.1. Caracterização Estrutural:	22
5.1.2. Caracterização Geral do Geossítio	24
5.2. ESTAÇÃO - 02 (E-02)	26
5.2.1. Caracterização Estrutural	26
5.2.2. Caracterização Geral do Geossítio	30
5.3. ESTAÇÃO - 03 (E-03)	31
5.3.1. Caracterização Estrutural	31
5.3.2. Caracterização Geral do Geossítio	33
5.4. ESTAÇÃO – 04 (E-04)	34
5.4.1. Caracterização Estrutural	34
5.4.2. Caracterização Geral do Geossítio	35
6. Caracterização Petrográfica	37
6.1. Rochas ácidas	37
6.2. Rochas básicas a intermediárias	37
6.3. Rochas básicas-ultrabásicas.....	38
7. Discussões e interpretações.....	40
7.1. Tectonismo	40
7.2. Inventariação geoturística	45
8. Considerações finais.....	46
9. Referências bibliográficas.....	48

Resumo

Diques de Ilhabela-SP: Padrão Tectônico e Divulgação Geocientífica

O município de Ilhabela, no litoral norte do Estado de São Paulo, apresenta feições estruturais como diques e juntas representativas da reativação tectono-magmática da Plataforma Sul-Americana, que teve início no Jurássico Superior e que coincidiu com a fragmentação do Gondwana Ocidental e abertura do Oceano Atlântico Sul. O objetivo deste trabalho de formatura foi caracterizar o padrão de fraturamento em afloramentos rochosos localizados em Ilhabela, auxiliando na compreensão do campo de esforços atuantes durante a formação de juntas e diques. Além do aspecto puramente científico, este trabalho também teve como objetivo contribuir para a divulgação das Geociências, através do inventário preliminar do Geopatrimônio.

Foram identificadas quatro famílias de juntas de direções NE, NW, N-S e E-W. Com exceção da família de direção NW, todas as outras exibem preenchimento eventual por diques de diabásio ou lamprófiro. Não foram observadas falhas. Por meio da análise de dados de juntas obtidas em campo foi possível sugerir sua colocação em um campo de esforços gerado a partir de um binário sinistral orientado ENE-WSW e direções de compressão e distensão, respectivamente, segundo NNE-SSW (SHmáx) e SSE-WNW (SHmin). Estes dados são compatíveis com os da literatura para o campo de esforços atuantes durante a colocação de enxames de diques dos segmentos Santos-Rio de Janeiro e Florianópolis no Cretáceo, que sofreu forte influência da reativação das descontinuidades crustais proterozóicas formadas durante a consolidação da Plataforma Sul-Americana.

A importância geocientífica deste segmento do litoral, representativa da história do Gondwana Ocidental e abertura do Oceano Atlântico Sul, é o seu grande apelo face ao público em geral, pois o tema tectônica de placas é um assunto, dentro das disciplinas de geociências, muito abordado nas escolas primárias e secundárias. Alguns dos afloramentos rochosos estudados neste trabalho são representativos e apresentam boas condições para a implantação de medidas de divulgação geocientífica.

Abstract

Dykes of Ilhabela, SP: Tectonic and Geoscience Dissemination

The municipality of Ilhabela, on the northern coast of São Paulo, presents structural features such as dikes and joints representative of the tectono-magmatic reactivation of the South American Platform, which began in the Upper Jurassic and that coincided with the fragmentation of West Gondwana and the opening the South Atlantic Ocean. The objective of this study was to characterize the fracture pattern in rock outcrops located in Ilhabela, and help in the understanding of the stress field during the formation of joints and dikes. Besides the purely scientific aspect, this work also aimed to contribute to the dissemination of Geosciences, through preliminary Geoheritage inventory.

We identified four families of joints oriented in the NE, NW, NS, and EW directions. With the exception of the NW, all other families may be filled by diabase or lamprophyres dykes. No faults were found. Field data suggest that the brittle structures are related to a stress field associated to a sinistral binary oriented ENE-WSW and with directions of compression and extension according to NNE-SSW (SHmax) and SSE -WNW (SHmin), respectively. These data are consistent with the literature for the stress field during the emplacement of the dyke swarms in the Santos-Rio de Janeiro and Florianopolis segment in the Cretaceous, which was strongly influenced by the reactivation of Proterozoic crustal discontinuities formed during the consolidation of the South Platform American.

In terms of Geoheritage, the importance of this segment of the coast stands in its representativity as a register of the history of West Gondwana and opening of the South Atlantic Ocean. This theme has a great appeal among the general public, because plate tectonics is a very attractive subject within the Geosciences, much discussed in both primary and secondary schools. Some rock outcrops studied in this work are representative and provide good conditions for the implementation of policies to disseminate Geoscience.

1. Introdução

A região do litoral norte do Estado de São Paulo está inserida na Província Mantiqueira, no Complexo ou Domínio Costeiro, formado por gnaisses migmatíticos e diversos corpos graníticos, além de diques de caráter ácido a intermediário e alcalino, associados à reativação tectono-magmática da Plataforma Sul-Americana (Reativação Wealdeniana de Almeida 1967) que teve início no final do Jurássico e que coincidiu com a fragmentação do Gondwana e abertura do Oceano Atlântico Sul.

A evolução geológica da Plataforma Brasileira pode ser dividida em quatro grandes etapas (Almeida, 1967) ou estágios (Almeida, 1969). A primeira etapa, ocorrida durante o Pré-Cambriano e denominada de ciclo Brasiliano (Almeida, 1969) ou, mais recentemente, de Ciclo Orogênico, Orogenia ou Colagem Brasiliano, assistiu à formação e consolidação da plataforma, onde ocorreu uma série de interações de placas litosféricas, acompanhadas de uma série de eventos deformacionais, levando à formação do Supercontinente Gondwana. A segunda etapa, ocorrida durante o Cambriano e Ordoviciano, é denominada de estágio de transição (Almeida, 1969), marcando a diminuição de processos de dobramentos e passando para a predominância de falhamentos. A terceira etapa, ocorrida durante o Siluriano e o Jurássico, é denominada de estágio de estabilização (Almeida, 1969), caracterizada por uma notável calmaria tectônica e significativa mudança no padrão de sedimentação sobre a plataforma. Na quarta e última etapa, de idade Neojurássica a Recente, denominada por estágio de reativação (Almeida, 1969) ou Reativação Wealdeniana (Almeida, 1967), ocorreu claro reavivamento tectônico e, ao contrário da etapa anterior, as estruturas tectônicas reativadas demonstram grande controle da herança tectônica do embasamento.

A maioria dos eventos ocorridos na quarta etapa está localizada nas imediações da margem continental brasileira da atual Plataforma Sul-Americana, indicando direta relação com a fragmentação do Supercontinente Gondwana e abertura do Oceano Atlântico Sul, além da formação da Serra do Mar e do relevo da costa do litoral norte de São Paulo. Os seus efeitos são manifestados por meio de intenso e variado magmatismo representado por diques e *sills* de caráter básico a intermediário, contemporâneos aos derrames da Bacia do Paraná e aos fundos da Bacia de Santos, e por *stocks* ou chaminés e diques de rochas alcalinas.

A região costeira entre Santos e Rio de Janeiro apresenta um importante feixe de diques básicos, lamprófiros e alcalinos, de orientação predominantemente N40-50E, direção semelhante a das estruturas do embasamento, podendo apresentar dezenas de metros de espessura (Almeida, 1986).

O município de Ilhabela, localizado no litoral norte do Estado de São Paulo (**Figura 1.1**), também conhecido na literatura como “Ilha de São Sebastião”, foi o primeiro arquipélago marinho brasileiro a ser pesquisado geologicamente. No primeiro trabalho realizado sobre a região, já eram reconhecidas na área granitos e manifestações magmáticas básicas e alcalinas, além de depósitos sedimentares holocênicos (Freitas, 1947). Os estudos posteriores deram continuidade ao reconhecimento geológico, abordando aspectos diversos, como geoquímica (Garda, 1995; Dias Neto et al., 2008), geocronologia (Amaral et al., 1966; Sonoki & Garda, 1988; Turner et al., 1994; Deckart et al., 1998) e magnetismo (Claudio & Raposo, 2007; Malo, 2007; Mello, 2008; Raposo, 2010) dos diques aflorantes na ilha. Porém, não há, na literatura vigente, a abordagem tectônica detalhada das estruturas rúpteis para a determinação dos campos de paleotensões responsáveis pelas colocações dessas estruturas, assim como as suas relações com os eventos tectônicos regionais, proposta deste trabalho de formatura.

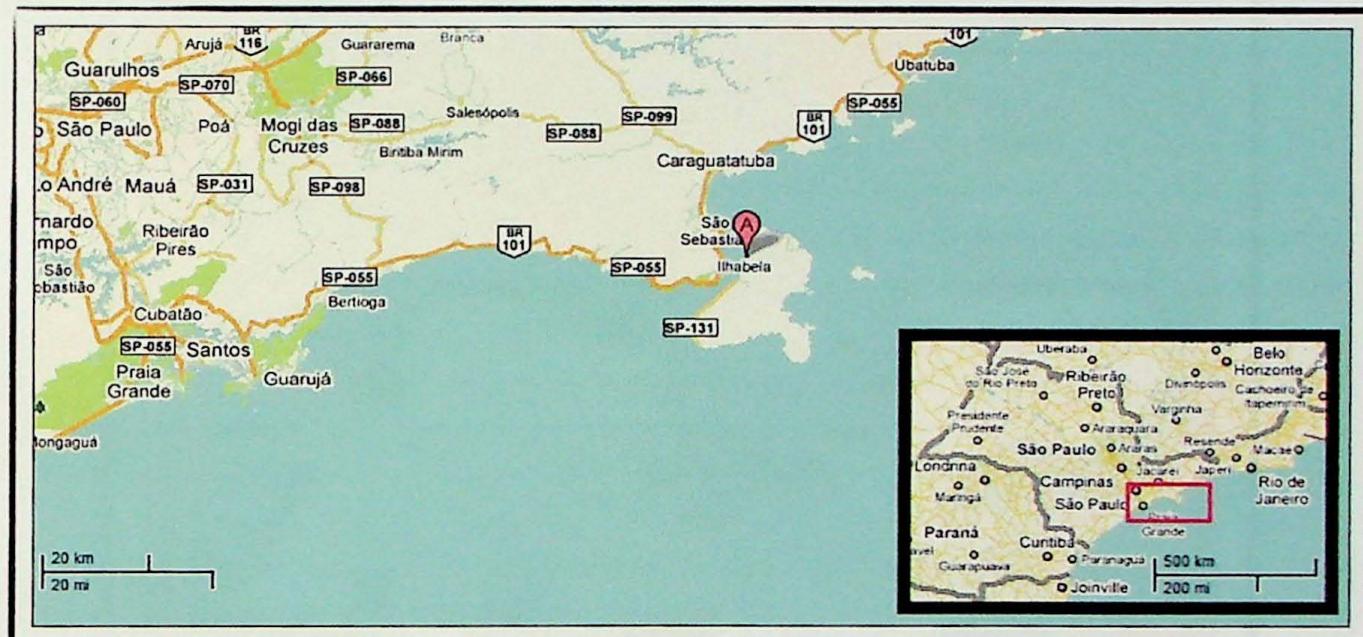


Figura 1.1: Mapas de vias de acesso para a Ilhabela (A). Modificado do site Google Maps (www.maps.google.com).

O município de Ilhabela é um dos destinos turísticos mais visitados do litoral norte. O Parque Estadual de Ilhabela (**Figura 1.2**), unidade de conservação que integra o Projeto de Preservação da Mata Atlântica (PPMA), apresenta grande potencial geoturístico, pois além da rica fauna e flora, apresenta afloramentos rochosos formados em diferentes estágios evolutivos, caracterizando grande potencial didático para a comunidade científica e público leigo quanto à origem e evolução deste segmento do litoral. Assim, este trabalho de formatura tem também como objetivo contribuir para a divulgação das Geociências no âmbito do Litoral Norte do Estado de São Paulo, através de inventariação geoturística observando-se os aspectos descritos em Brilha (2005), com eventual elaboração de painéis informativos nos afloramentos que forem considerados adequados.



Figura 1.2: Mapa do Parque Estadual de Ilhabela, com os limites da unidade e principais atrações turísticas. Modificado do site da Fundação Florestal (<http://www.fflorestal.sp.gov.br>).

2. Objetivos

O presente trabalho de formatura teve dois objetivos principais:

- I. Por meio de análise estrutural, caracterizar o padrão de fraturamentos de sítios localizados em costões na Ilhabela, auxiliando na compreensão dos processos tectônicos atuantes durante sua formação e a sua correlação com a tectônica que atingiu o sudoeste do Brasil durante o Mesozóico e Cenozóico;
- II. Utilizando as informações obtidas neste trabalho e outras informações da literatura, realizar inventário geoturístico preliminar.

3. Fundamentação Teórica

3.1. Geologia Regional

A Serra do Mar, feição orográfica da borda atlântica do continente sul-americano, possui extensão de aproximadamente 1.000 km que vai de São Paulo ao norte de Santa Catarina. Em São Paulo, é representada como uma típica borda de planalto, nivelada pelo topo em altitudes que variam de 800 a 1200 m. A direção ENE geral da Serra do Mar acompanha a orientação das Estruturas do Escudo Atlântico. Porém, em escalas maiores, é possível observar que as cristas das escarpas são extremamente festonadas (Ponçano et al. 1981) pois acompanham estruturas menores e falhas, além da influência de corpos rochosos resistentes à denudação.

A complexa história do embasamento da Serra do Mar explica a sua grande variedade litológica de associações migmatíticas e metamórficas, sendo as mais antigas distribuídas do Arqueano ao Proterozóico Inferior e são englobados por rochas e estruturas representativas de três grandes colagens proterozóicas associadas aos Supercontinentes *Atlântida* (Paleoproterozóico), *Rodínia* (Mesoproterozóico-Neoproterozóico) e *Gondwana* Ocidental (final do Neoproterozóico). Ocorreram sucessivas colagens e interações de placas, formando faixas móveis acrecionárias, colisionais ou transpressionais, retomadas sucessivas vezes (Almeida et al. 1997), com a ocorrência de processos de tafrogenia e dispersão de Supercontinentes, acompanhados de magmatismo anorogênico e sedimentação intracratônica. Com o arrefecimento do calor e mudança nos regimes de esforços no final do Proterozóico, a compressão gerou inúmeras falhas transcorrentes ao longo do sudeste brasileiro (Almeida & Carneiro, 1998).

O processo de consolidação do embasamento da Plataforma Sul-Americana ocorreu no final do Proterozóico ao início do Cambriano. Nesse estágio final, no Cambriano-Ordoviciano, resultou em zonas de cisalhamentos destrais anastomosadas orientadas segundo ENE a E-W (Hasui & Sadowski, 1976). Com o arrefecimento do calor e mudança nos regimes de esforços no final do Proterozóico, a compressão gerou inúmeras falhas transcorrentes ao longo do sudeste brasileiro (Almeida & Carneiro, 1998).

A reativação tectono-magmática da Plataforma Sul-Americana (Reativação Wealdeniana de Almeida 1967; Ativação Mesozóica de Almeida 1972; Evento Sul-Atlântico de Schobbenhaus *et al.* 1984; Reativação Pós-Paleozóica de Almeida & Carneiro 1989; Ativação Juro-Cretácea de Araújo *et al.* 2004), teve início no final do Permiano, máxima atividade durante o Jurássico e Cretáceo e menor atividade no Paleógeno e foi reflexo da fragmentação do Gondwana, que culminou com a abertura do Oceano Atlântico Sul. O primeiro estágio desta reativação corresponde ao estágio *rift*, tendo sido precedido pelo estágio pré-*rift*, o segundo estágio, corresponderia ao estágio oceânico (Asmus & Guazelli, 1981), e o terceiro estágio estaria relacionada ao desenvolvimento de bacias tafrogênicas costeiras no sudeste brasileiro e manifestações de vulcanismo alcalino. Inúmeras descontinuidades mais antigas foram reativadas em pulsos descontínuos que perduraram do Cretáceo até o Terciário. Podem-se associar, a este fenômeno, eventos magmáticos em duas fases distintas: a primeira, de caráter básico a intermediário, representado por diques e *sills* contemporâneos aos derrames da Bacia do Paraná e do fundo da Bacia de Santos e a segunda, de caráter alcalino, é representada por *stocks* ou chaminé e diques.

3.2. Padrão Tectônico

Segundo Rickwood (1990), diques são corpos ígneos de formato tabular discordantes das rochas encaixantes que apresentam mergulhos comumente altos e espessuras variáveis, geralmente muito menores que os seus comprimentos no plano horizontal, com relação comprimento/espessura geralmente maiores que 100/1.

É necessária, para a formação de diques ígneos, a existência de fissuras a serem preenchidas pelo material magmático, que podem ser produzidas pela pressão do magma, tectonicamente, ou pré-existir em virtude de eventos tectônicos pretéritos, sendo que a interação entre diferentes controles internos e externos aos diques é que determinará o preenchimento ou não das fraturas (**Figura 3.1**).

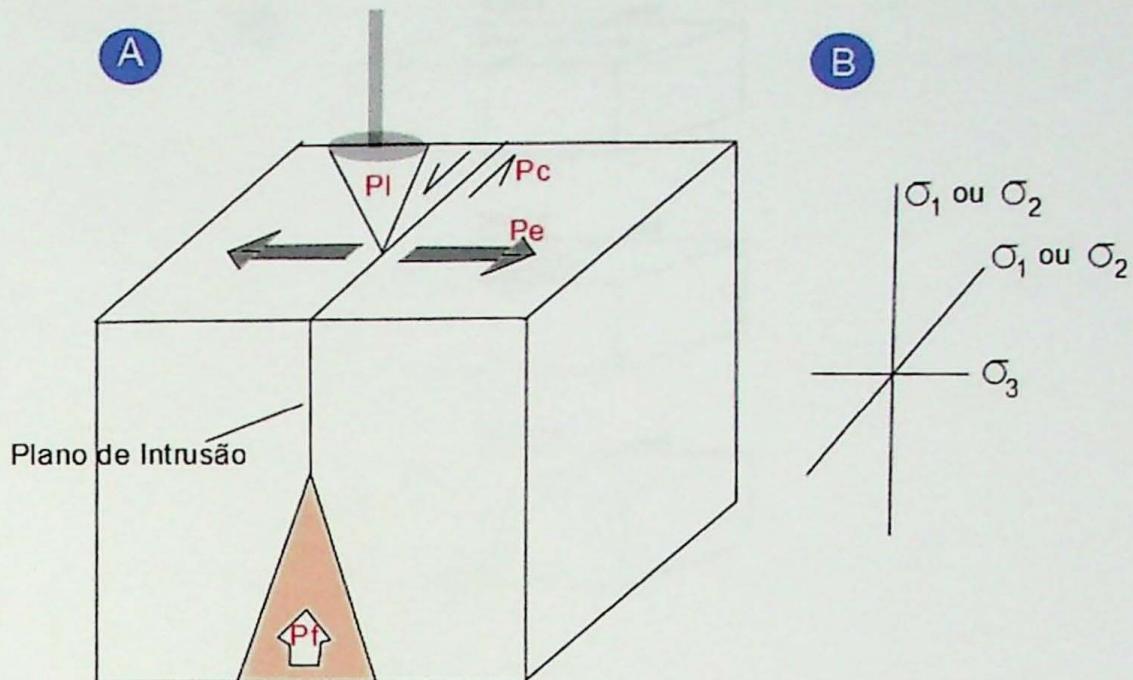
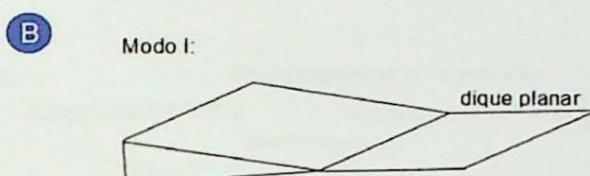
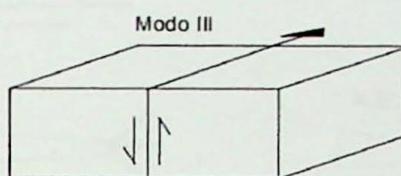
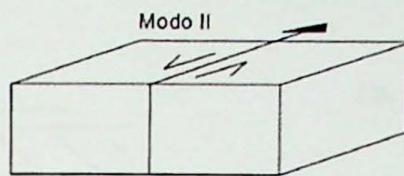
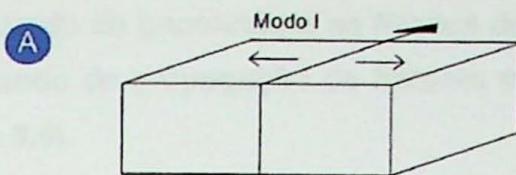


Figura 3.1 – A: Ilustração esquemática com as principais pressões que interferem no preenchimento ou não das fraturas. As pressões de extensão (P_e) e de fluido (P_f) favorecem a colocação do magma, enquanto que as pressões de cisalhamento (P_c) e litostática (P_l) desfavorecem a colocação de magma. Modificado de Corrêa-Gomes (1992). **B:** Ilustração esquemática do campo de tensões em relação à geometria dos diques. Modificado de Park (1989).

Os diques são considerados excelentes indicadores tectônicos, pois se posicionam perpendicularmente ao esforço principal mínimo σ_3 (Anderson, 1951; Halls, 1982; Chevalier & Verwoerd, 1987; Pollard, 1987; Turcotte et al., 1987; Emerman & Marrett, 1990; Gudmundsson, 1990) principalmente quando constituem enxames.

O formato geométrico dos diques dependerá da maneira em que foi formada a fratura que será preenchida pelo magma, sendo que a abertura das fraturas depende dos mecanismos de sua propagação (Lawn & Wilshaw, 1975), que podem ser de três tipos: modos I, II e III. O modo I é a forma mais apropriada para a instalação de um dique, pois a separação de blocos facilita a colocação do magma (Pollard, 1987), podendo também ocorrer a combinação com os outros modos de propagação de fraturas (**Figura 3.2**).



Modo I + Modo II = Modo Misto I-II

Modo I + Modo III = Modo Misto I-III

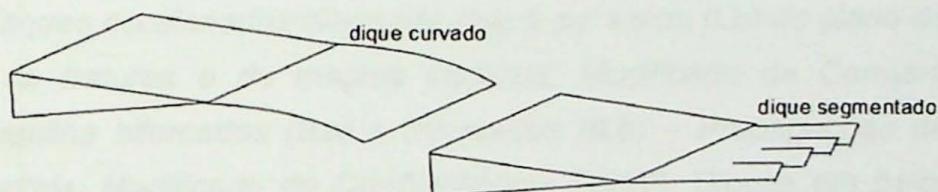


Figura 3.2 - A: Ilustração esquemática do modo de propagação de fraturas. **Modo I:** Separação dos blocos ocorre ortogonalmente à linha de propagação das fissuras. **Modo II:** Cisalhamento entre blocos ocorre paralelamente à linha de propagação da fratura. **Modo III:** Cisalhamento ocorre ortogonalmente à linha de propagação. *Modificado de Pollard (1987).*

B: Ilustração esquemática de modos de propagação de fissuras e as combinações possíveis. **Modo I:** Formação de fraturas abertas e diques planos – Esforço compressivo mínimo perpendicular ao plano do dique. **Modo I-II:** Formação de fraturas e diques curvados - Rotação espacial do esforço compressivo mínimo em relação a um eixo perpendicular à direção de propagação do dique. **Modo I-III:** Formação de fraturas e diques escalonados: Rotação espacial do esforço compressivo mínimo em relação a um eixo paralelo à direção de propagação do dique.

A determinação do campo de tensões relacionado à colocação dos diques é realizada através de medições de altitude, largura e comprimento dos diques, além da análise de feições internas e das pequenas estruturas próximas ao contato do dique com a

rocha encaixante. O estudo da geometria e as feições de borda dos diques podem fornecer bons indicadores do modo de propagação de fraturas e do fluxo magmático (**Figuras 3.3, 3.4, 3.5, 3.6, 3.7, 3.8 e 3.9**).

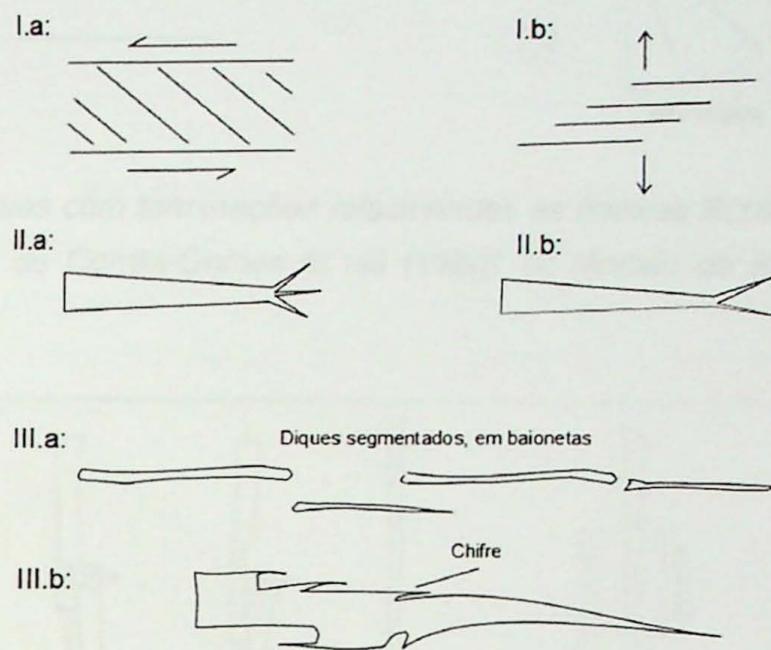


Figura 3.3 – Diques escalonados diagonais (I.a) e paralelos (I.b) ao plano de deformação – Propagações de fraturas e do magma verticais. Modificado de Corrêa-Gomes (1992). Diques em forquilha bifurcados (II.a) e trifurcados (II.b) – Propagações de fraturas e do magma horizontais. Modificado de Corrêa-Gomes (1992). Diques em baionetas (III.a) ou com “chifres” (III.b) (Rickwood, 1990) – Concentração da tensão na extremidade da fratura (Beach, 1980) ou interação de fraturas escalonadas (Pollard et al., 1983; Rogers & Bird, 1987; Cadman et al., 1990; Rickwood, 1990). Modificado de Rickwood (1990).

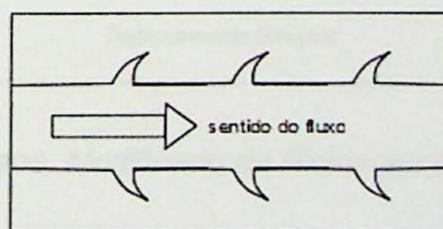


Figura 3.4 – Diques com estrutura “dentes de dragão” gerado pelo amolecimento da rocha encaixante devido à passagem do magma termicamente aquecido (Corrêa-Gomes et al., 1988) - Sentido do fluxo do magma à favor da abertura das ramificações.

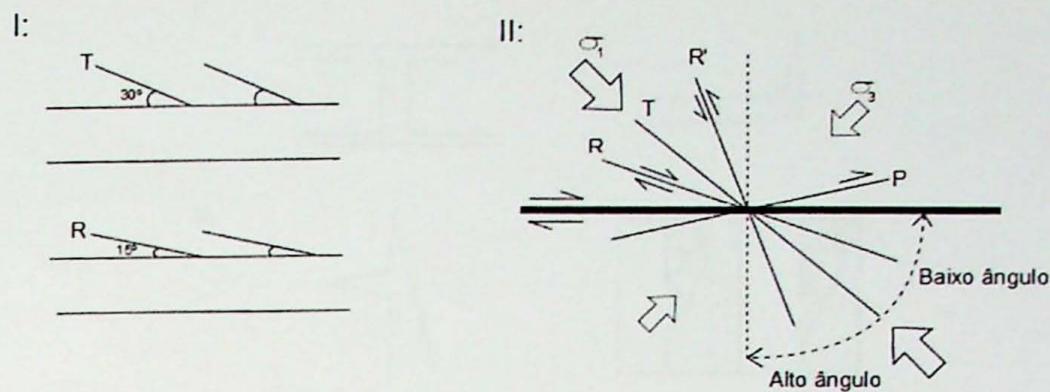


Figura 3.5 – I: Diques com terminações relacionadas às fraturas $R(15^\circ)$ e $T(30^\circ)$ de Riedel (1929). Modificado de Corrêa-Gomes et alii (1988). **II:** Modelo de Riedel. Modificado de Riedel (1929).

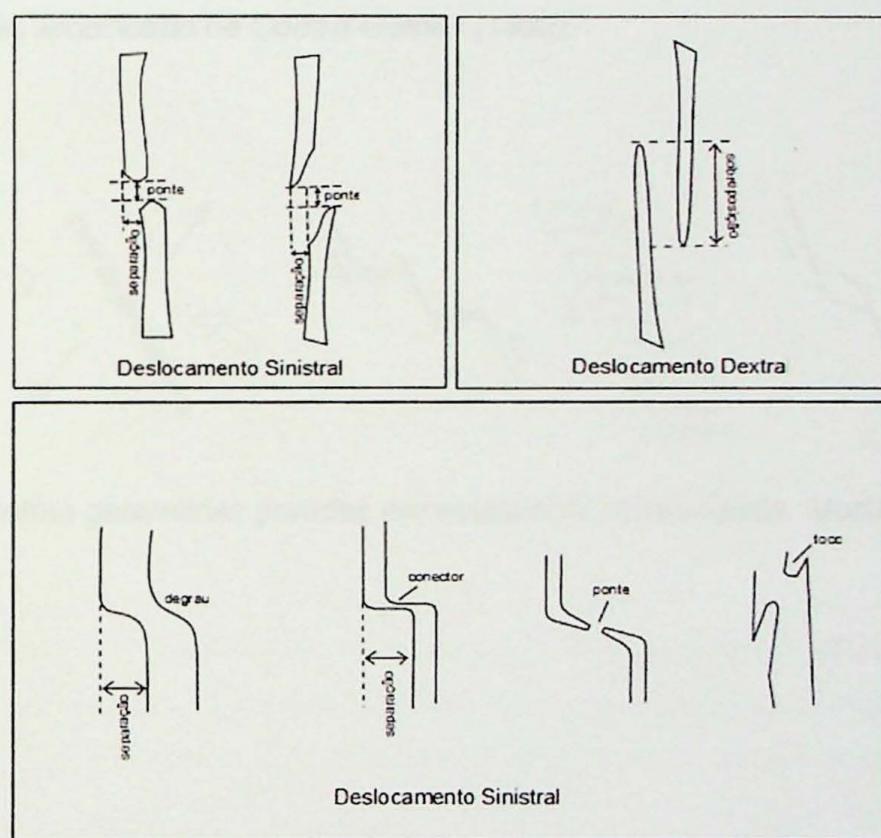


Figura 3.6 – Diques segmentados. Modificado de Rickwood (1990).

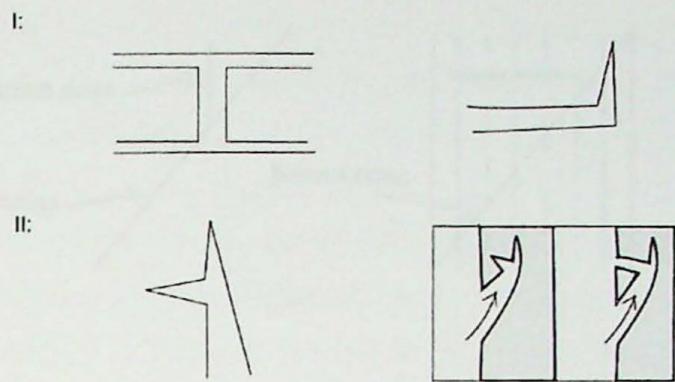


Figura 3.7 – Diques com ramificações laterais em ângulo reto: Em “L” ou “H” (I) – Modificação na trajetória da tensão na propagação da fratura, que pode ser influenciada por fraturas antigas. Em “cabeça de lobo”, com o enclavamento de xenólito (II) – Entrada do magma inicia-se com ângulo entre 20°-35°, para depois paralelizar e seguir ortogonalmente ao filão principal. Modificado de Corrêa-Gomes (1992).

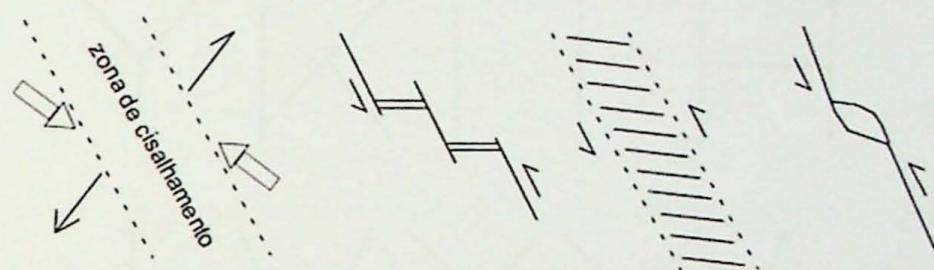


Figura 3.8 – Outras geometrias geradas em ambientes transtensivos. Modificado de Corrêa-Gomes (1992).

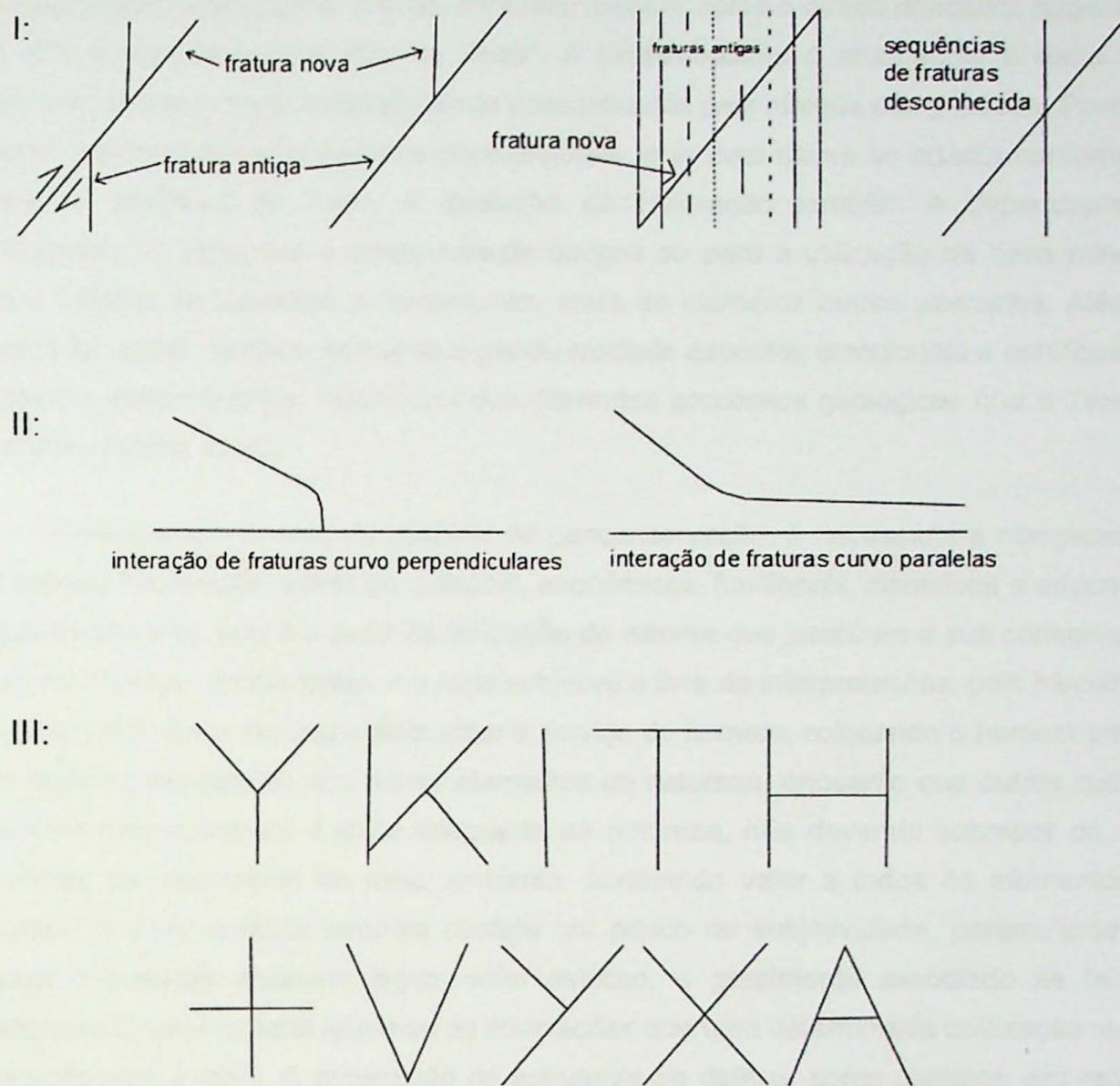


Figura 3.9: I: Relações cronológicas entre fraturas. II: Interações curvo perpendiculares e curvo paralelas de fraturas, quando a relação σ_2/σ_3 está entre, respectivamente, -0.3 e 1.0 ou entre -3.0 e -0.3. III: Arquitetura de sistemas de juntas em comparação com o alfabeto latino.

3.3. Conservação e divulgação do Patrimônio Geológico

O conceito de “Patrimônio Geológico” engloba diversos tipos de materiais rochosos, minerais e feições geológicas, incluindo paisagens e processos que podem ser agrupados em um geossítio, que constitui um local de interesse geológico passível de ser preservado. Para a proteção do patrimônio geológico, é necessário conhecer o trinômio Geodiversidade, Geoconservação e Geoturismo (Nascimento et al., 2008).

A geodiversidade é definida, segundo a Royal Society for Nature Conservation do Reino Unido, como: "...variedade de ambientes geológicos, fenômenos e processos ativos

que dão origem a paisagens, rochas, minerais, fósseis, solos e outros depósitos superficiais que são o suporte para a vida na Terra". A biodiversidade é atualmente o tema mais explorado, sendo a geodiversidade ainda desconhecida pela maioria das pessoas. Porém, é a geodiversidade que condiciona a biodiversidade, pois esta última se adapta conforme as condições abióticas do meio. A evolução da civilização também é dependente da geodiversidade, seja para a construção de abrigos ou para a utilização de bens minerais para a criação de utensílios e ferramentas, além de inúmeros outros exemplos. Além do aspecto funcional, também atribui-se à geodiversidade aspectos emocionais e estéticos das paisagens deslumbrantes, resultantes dos diferentes processos geológicos que a Terra foi submetida (Brilha, 2005).

Para o entendimento do conceito de geoconservação, é necessária a compreensão dos valores intrínsecos, estéticos, culturais, econômicos, funcionais, científicos e educativos da geodiversidade, pois é a partir da atribuição de valores que justificam a sua conservação. O valor intrínseco, dentre todos, é o mais subjetivo e livre de interpretações, pois há culturas que defendem que a natureza deve estar a serviço do homem, colocando o homem em um nível superior em relação aos outros elementos da natureza, enquanto que outras culturas defendem que o homem é parte integrante da natureza, não devendo sobrepor os seus interesses em detrimento do meio ambiente, conferindo valor a todos os elementos da natureza. O valor estético também confere um pouco de subjetividade, porém, todas as paisagens naturais possuem algum valor estético, e geralmente associado às feições geológicas. O valor cultural refere-se às adaptações que uma determinada civilização realiza de acordo com o meio. A construção de estruturas de defesa, como castelos, em regiões geomorfologicamente favoráveis é um exemplo de valor histórico-cultural, valor também atribuído ao material utilizado para a construção dessas estruturas, que geralmente representa as rochas aflorantes da região. O valor econômico, como citado no parágrafo anterior, é de fácil atribuição à geodiversidade, pois a civilização sempre dependeu da utilização de materiais geológicos para fins energéticos, de construção civil e de criação de utensílios, além de outras utilidades. O valor funcional da geodiversidade refere-se à utilização do material geológico *in situ*, ou seja, o aproveitamento de feições geológicas para a construção de rodovias, pontes e cidades, entre outros exemplos. O valor científico está na utilização da geodiversidade na interpretação e reconstituição da história da Terra, podendo também auxiliar na relação com o ser humano na prevenção da vida em desastres naturais como vulcões, terremotos e deslizamentos de terra. Por último, o valor educativo da geodiversidade, já que o melhor aproveitamento do ensino em Ciências da Terra ocorre através do contato direto com a geodiversidade (Brilha, 2005).

Com estes valores justificados, é necessário estabelecer os planos de geoconservação, já que a geodiversidade encontra-se ameaçada. As atividades humanas, direta ou indiretamente, são as mais ameaçadoras à geodiversidade, a exemplo das atividades extrativistas e de construções civis (Brilha, 2005). Assim, com a geoconservação, propõe-se a utilização sustentável da geodiversidade, como definiu Sharples (2002): "A Geoconservação tem como objetivo a preservação da geodiversidade composta por feições e processos geológicos, geomorfológicos e de solo significativos, mantendo a evolução natural dessas feições e processos".

Com o geoturismo, propõe-se a divulgação das Ciências da Terra para a conscientização dos valores da geodiversidade. Como não é possível conservar toda a geodiversidade, a geoconservação deve ser aplicada prioritariamente nos patrimônios geológicos, geossítios ou geomonumentos, definidos por Carvalho (2005) como ocorrências geológicas com "...valor documental no estabelecimento da história da Terra, com características de monumentalidade, grandiosidade, raridade e beleza, entre outras características." Neste trabalho, prefere-se utilizar o termo geossítio para definir as ocorrências geológicas bem delimitadas geograficamente e que apresentam singular valor científico, pedagógico, cultural e turístico (Brilha, 2005).

Brilha (2005) propõe, como estratégia de geoconservação, a realização sucessiva das seguintes etapas: inventário, quantificação, classificação, conservação, valorização, divulgação e monitorização. Essas etapas serão, a seguir, descritas sucintamente.

Inventário

Esta primeira etapa da estratégia de geoconservação consiste na identificação, seleção e caracterização das feições geológicas, e deve se adaptar a área e ao âmbito de trabalho. Para tanto, é necessária a consulta de trabalhos já realizados na área em questão, para que sejam identificados os locais com as características geológicas potencialmente mais relevantes. Em seguida, é necessário definir um contexto geológico para a posterior seleção prévia dos geossítios mais representativos destes contextos geológicos. Após a escolha prévia dos geossítios, são necessárias as suas caracterizações através de descrições pormenorizadas em relação às suas características gerais e geológicas (**Tabela 3.1**).

Caracterização dos Geossítios	
Caracterização Geral	Caracterização Geológica
Identificação	Identificação do Contexto Geológico
Localização Geográfica	Descrição do Geossítio
Situação Administrativa	Caracterização Geológica
Regime de Proteção	Conteúdo Geológico Relevante
Acessibilidade	Documentação Gráfica
Vulnerabilidade	Referências Bibliográficas

Tabela 3.1: Exemplo de parâmetros utilizados na caracterização de geossítios. Modificado de Lima (2008).

Quantificação

Correspondente à segunda etapa da estratégia de conservação e consiste em quantificar a relevância dos geossítios previamente selecionados na etapa de inventariação. Para tanto, existem várias metodologias distintas, algumas utilizam critérios numéricos de avaliação, criando-se uma lista padrão de parâmetros que serão avaliados de acordo com as características do geossítio, enquanto que outras metodologias são mais relativas e subjetivas, levando-se em consideração as opiniões de especialistas no assunto. É preferível utilizar o método numérico na quantificação de geossítios, devido à sua avaliação proporcionar menor subjetividade.

Classificação

A etapa de classificação de geossítios refere-se ao seu enquadramento legal, de acordo com a legislação em vigor.

Conservação

A classificação de geossítios não assegura a sua proteção e conservação. Logo, é necessário garantir que o geossítio, devido à sua importância científica, turística e pedagógica, entre outras relevâncias, seja preservado a partir da elaboração de estratégias de conservação, mantendo a sua integridade física, ao mesmo tempo em que mantém a acessibilidade ao público.

Valorização e Divulgação

Consiste na conscientização da importância dos geossítios e da geologia através da valorização e divulgação dos geossítios. A valorização de geossítios consiste em um conjunto de ações e informações que levará o público a compreender a importância que um geossítio possui. Um exemplo de ação de valorização e divulgação de geossítios é a elaboração de painéis informativos com textos em linguagem simples e clara.

Monitorização

A monitorização consiste em uma das mais importantes etapas da geoconservação de Patrimônios Geológicos. Consiste na análise da evolução do estado de conservação do geossítio, propondo estratégias que garantam melhores condições de conservação do geossítio ao longo do tempo.

Os parâmetros ora apresentados são parte da metodologia elaborada por Brilha (2005) e que têm norteado várias propostas de estratégias de Geoconservação em países diversos, inclusive no Brasil. Entretanto, estes parâmetros foram definidos com base na realidade e legislação portuguesas e sua utilização em ambientes brasileiros deve passar por adaptações que levem em conta as particularidades do nosso país e da região a ser estudada. Este Trabalho de Formatura faz parte de um projeto maior que inclui a proposição de parâmetros que permitam a inventariação do patrimônio geológico na região do Litoral Norte de São Paulo e a realização do Roteiro Geoturístico da Rodovia Rio – Santos (BR-101) no trecho especificado. A catalogação dos geossítios abordados neste trabalho será feita utilizando-se estes parâmetros.

4. Materiais, métodos e desenvolvimento do trabalho

Foram realizadas duas saídas de campo para a Ilhabela, uma durante o período de 19 a 21 de Junho de 2011 e outra em 10 e 11 de Julho de 2011. Os afloramentos utilizados neste estudo, cinco no total, foram identificados como ESTAÇÕES (E) e numeradas (E-01, E-02, E-03 e E-04), sendo que duas cachoeiras em lugares distintos e próximos foram agrupadas em uma única estação (E-04). Cada estação foi selecionada pela quantidade de diques, variabilidade litológica e relações entre cortantes de juntas. Em cada estação, foram observadas e agrupadas na mesma família as juntas com direção e mergulho semelhantes.

O desenvolvimento deste trabalho de formatura ocorreu durante o período de Março a Novembro de 2011 (**Tabela 4.1**).

Mês	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.
Atividade									
Pesquisa bibliográfica	O	O	O	O	O	O	O	O	
Trabalhos de campo				O	O				
Análise petrográfica							O	O	
Análise de dados estruturais					O	O	O	O	
Interpretação dos dados							O	O	
Proposta de divulgação científica								O	
Confecção da monografia							O	O	O

Tabela 4.1: Cronograma de atividades realizadas

5. Caracterização das Estações

Para ter uma melhor distribuição ao longo da parte acessível para veículos da ilha, as estações escolhidas estão situadas à norte, centro e sul de Ilhabela (*Figura 5.1*).

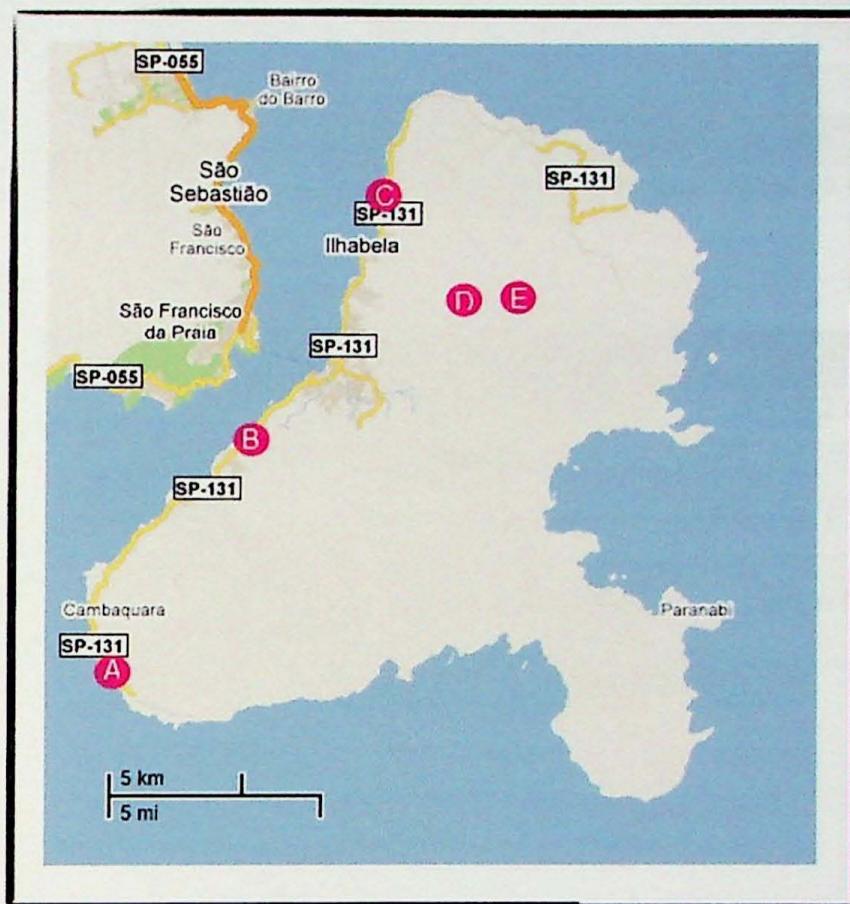


Figura 5.1: Localização das ESTAÇÕES. **A:** E-01: Bairro Cachoeira Boa Vista. **B:** E-02: Praia do Oscar. **C:** E-03: Ponta da Siriúba. **D:** E-04: Cachoeira da Toca. **E:** E-04: Cachoeira da Água Branca. Modificado do site Google Maps (www.maps.google.com).

Em cada estação, foram observadas e agrupadas na mesma família as juntas com direção e mergulho semelhantes. Quatro famílias de juntas foram identificadas (F1, F2, F3 e F4), todas com mergulhos aproximadamente subverticais e uma estria. Não foram observadas falhas. Foram tomadas em campo, no total, 200 medidas de juntas. Algumas dessas juntas estão preenchidas por diques (DE) de composições variáveis e entre 0,1 a 2,6 metros de espessura, totalizando 16 diques. A *Tabela 5.1* e a *Figura 5.2* mostram, respectivamente, uma síntese das direções das juntas consideradas e como é dada a distribuição das fraturas ao longo da Ilhabela.

Família de Fratura	Valores Aproximados para a Direção das Juntas													Dir.	
	Estações														
	E-01			E-02			E-03			E-04			Méd. Total	Var. Total	
	Mín.	Máx.	Méd.	Mín.	Máx.	Méd.	Mín.	Máx.	Méd.	Mín.	Máx.	Méd.			
F1	22	42	32	33	70	53	44	78	60	20	62	38	45	30°	NE
F2	315	353	342	310	338	322	294	330	310	290	315	305	320	35°	NW
F3	-	-	-	166	201	180	160	200	188	-	-	-	184	10°	N-S
F4	246	240	63	80	115	94	81	88	86	-	-	-	81	30°	E-W

Legenda: Mín.: Mínimo; Máx.: Máximo; Méd.: Média; Dir.: Direção.

Tabela 5.1: Quadro síntese das direções de juntas nas estações estudadas.

Estação	Local	Rocha encaixante	Famílias	Ambiente
E-01	Bairro Cachoeira Boa Vista	Granito porfirítico	F1, F2 e F4	Praia
E-02	Praia do Oscar	Gnaisse	F1, F2, F3 e F4	Praia
E-03	Ponta da Siriúba	Gnaisse	F1, F2, F3 e F4	Praia
E-04	Cachoeira da Toca e Cachoeira da Água Branca	Granito porfirítico	F1 e F2	Cachoeira

Tabela 5.2: Caracterização geral das ESTAÇÕES.

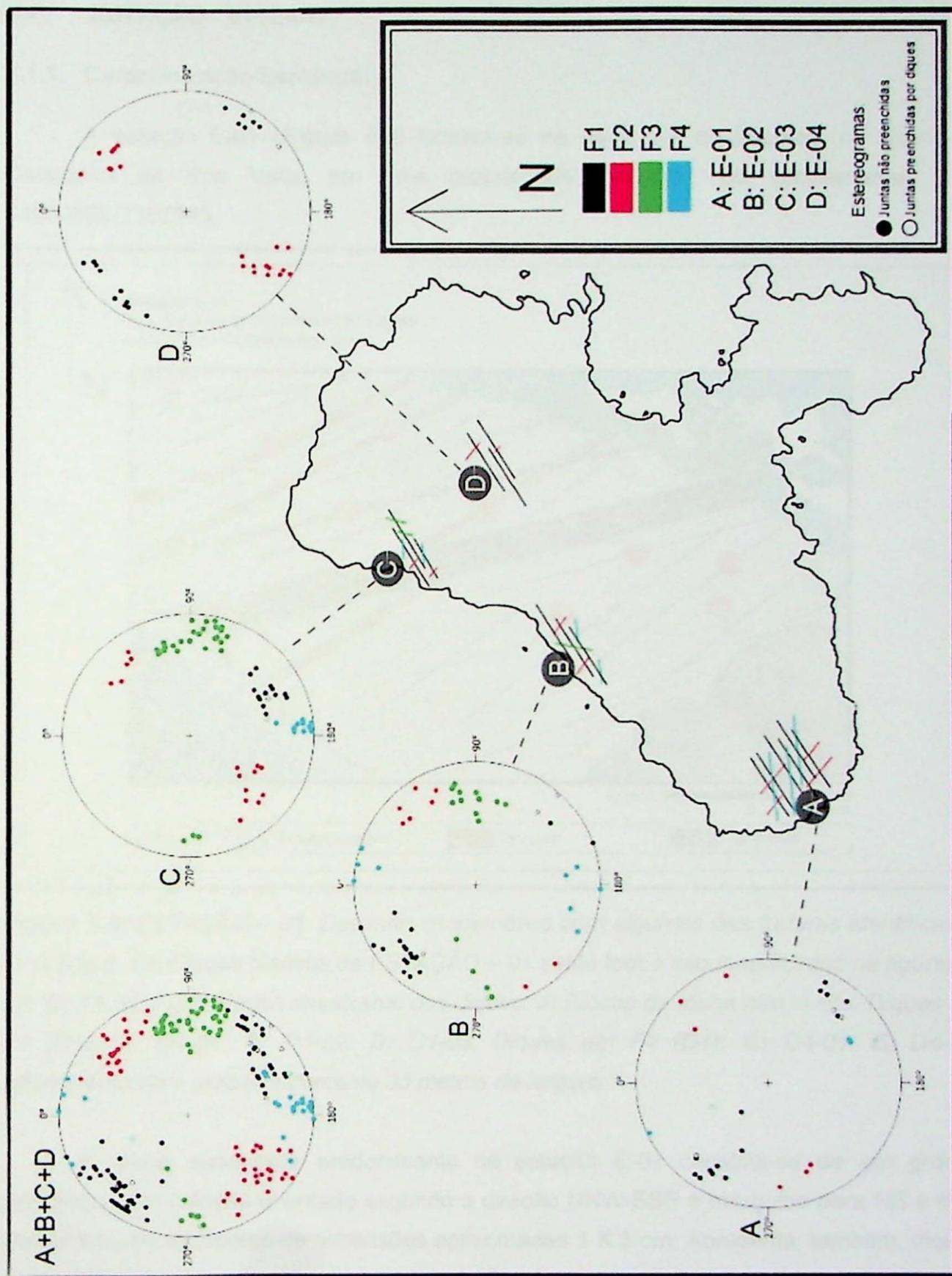


Figura 5.2: Ilustração esquemática dos fraturamentos ao longo de Ilhabela-SP nas quatro estações estudadas.

5.1. ESTAÇÃO - 01 (E-01)

5.1.1. Caracterização Estrutural:

A estação E-01 (*Figura 5.3*) localiza-se na parte Sul da Ilhabela, no Bairro da Cachoeira da Boa Vista, em uma propriedade particular, de coordenadas UTM 04550569/7352945.

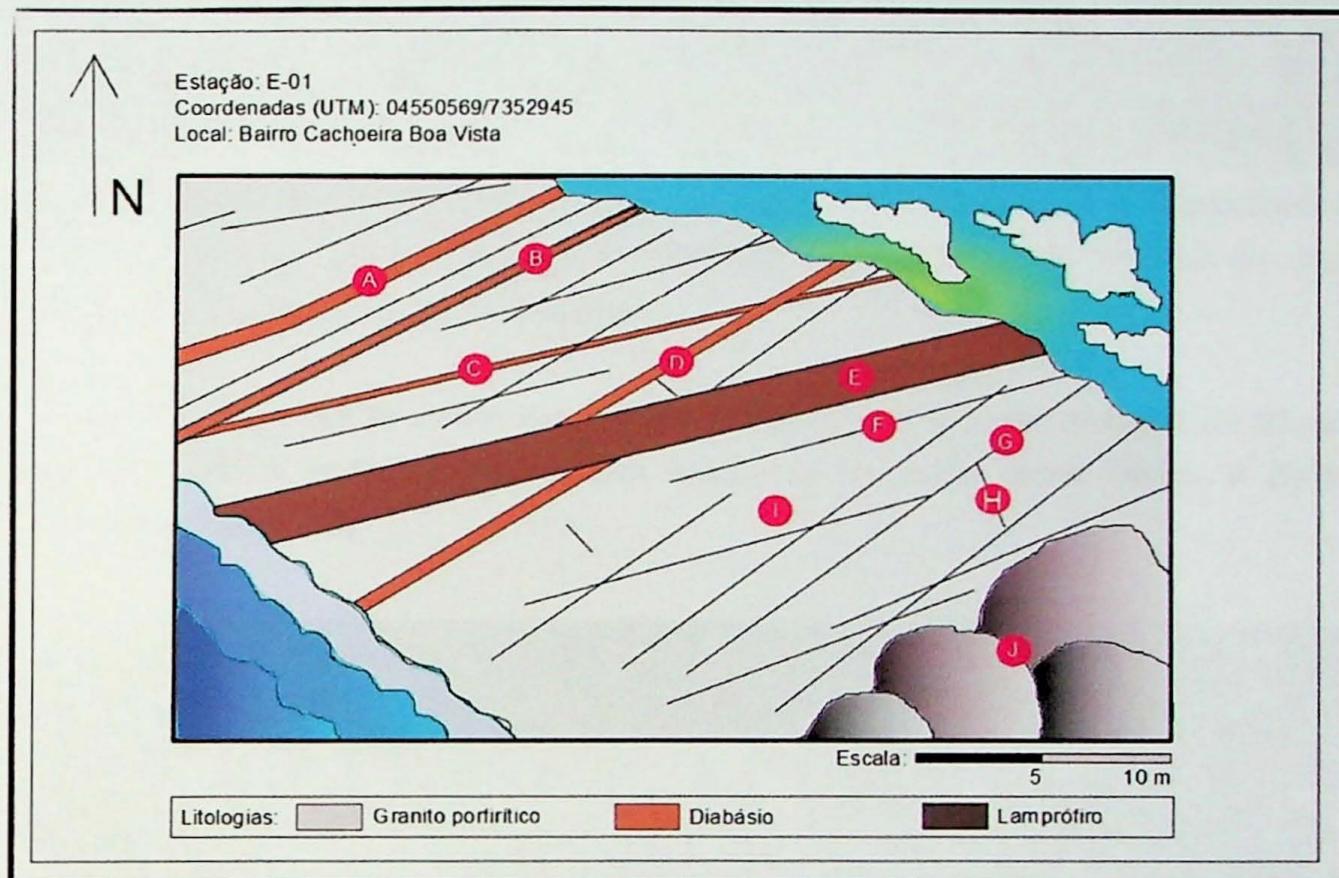


Figura 5.3: ESTAÇÃO – 01. Desenho esquemático com algumas das fraturas identificadas em campo. Os Diques Máficos da ESTAÇÃO – 01 estão todos esquematizados na figura. **F:** F4. **G:** F1. **H:** F2. **I:** Rocha encaixante dos diques. **J:** Blocos de rocha não in situ. Diques em F1 (D1): **A:** D1-01. **B:** D1-02. **D:** D1-03. Diques em F4 (D4): **C:** D4-01. **E:** D4-02. Afloramento com aproximadamente 35 metros de largura.

A rocha encaixante predominante na estação E-01 constitui-se de um granito porfirítico, com foliação orientada segundo a direção NNW-SSE e mergulho para NE e com fenocristais de feldspatos de dimensões aproximadas 1 X 3 cm. Apresenta, também, diques pegmatíticos félsicos e enclaves de composição básica orientados. Em algumas porções da rocha encaixante, é possível observar indícios de milonitização. A rocha encaixante e os diques maficos estão dispostos em contato retilíneo entre eles (*Figura 5.4*).

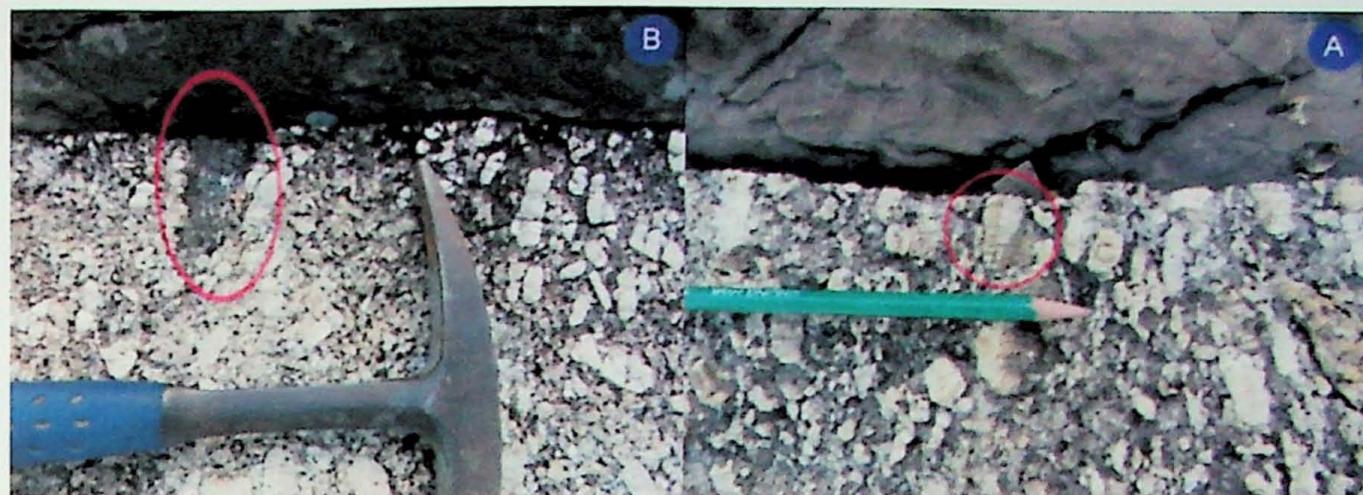


Figura 5.4: Contato retilíneo entre diques máficos e rocha encaixante. **A:** Fenocristal de feldspato da rocha encaixante rompido (destaque em vermelho). **B:** Enclave da rocha encaixante rompido (destaque em vermelho).

Os diques máficos apresentam textura afanítica, com exceção do dique D2-02, que apresenta textura porfirítica. Apresentam estruturas de borda como chifres e pontes quebradas (**Figura 5.5**).

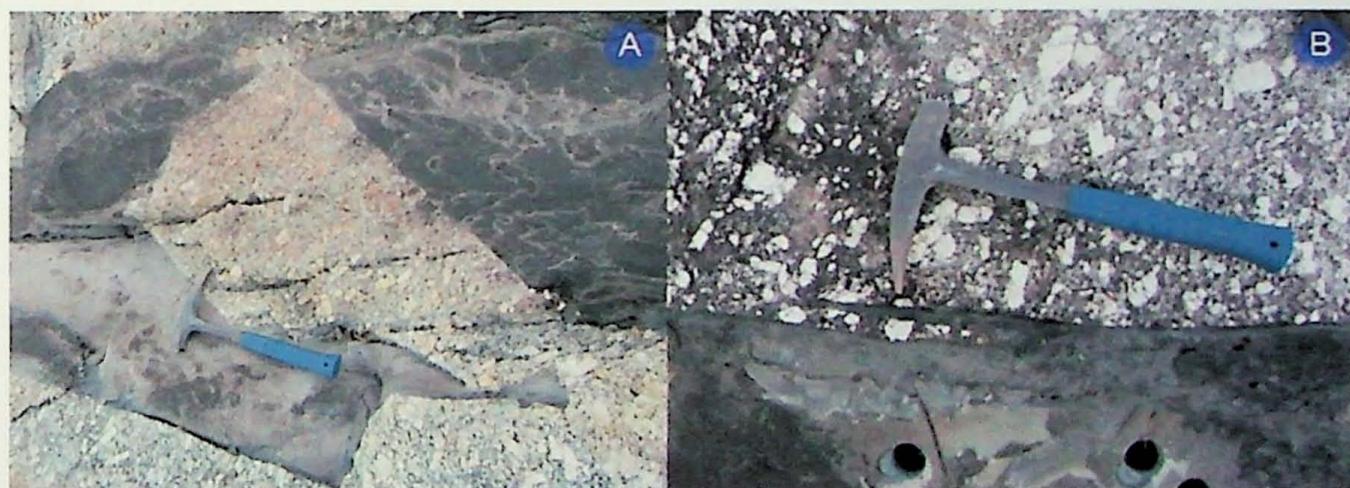


Figura 5.5: Estruturas de borda nos diques. **A:** Ponte quebrada. **B:** Chifre.

Foi possível identificar três famílias distintas de juntas (F1, F2 e F4) (**Figura 5.2**) na estação E-01.

As juntas F1, F2 e F4 não apresentam o mesmo padrão entrecortante em todo o afloramento. Os diques D1-02 e D1-03, alojados em juntas da família F1, cortam o dique D4-01, que está colocado em junta da família F4 (**Figura 5.6.A**). Porém, em outra região do mesmo afloramento, pode-se encontrar a relação inversa entre juntas: o dique D4-01, alojado em junta da família F4, corta e desloca o dique D1-03, que está colocado em juntas da família F1 (**Figura 5.6.B**). Ainda foi possível observar o dique D1-01, que se inicia com a

direção de junta F1 e posteriormente segue a direção de junta F4. Foi possível observar que nas interações com outras famílias de juntas, as juntas F2 param nas juntas F1 e F4 (**Figura 5.6.C**).

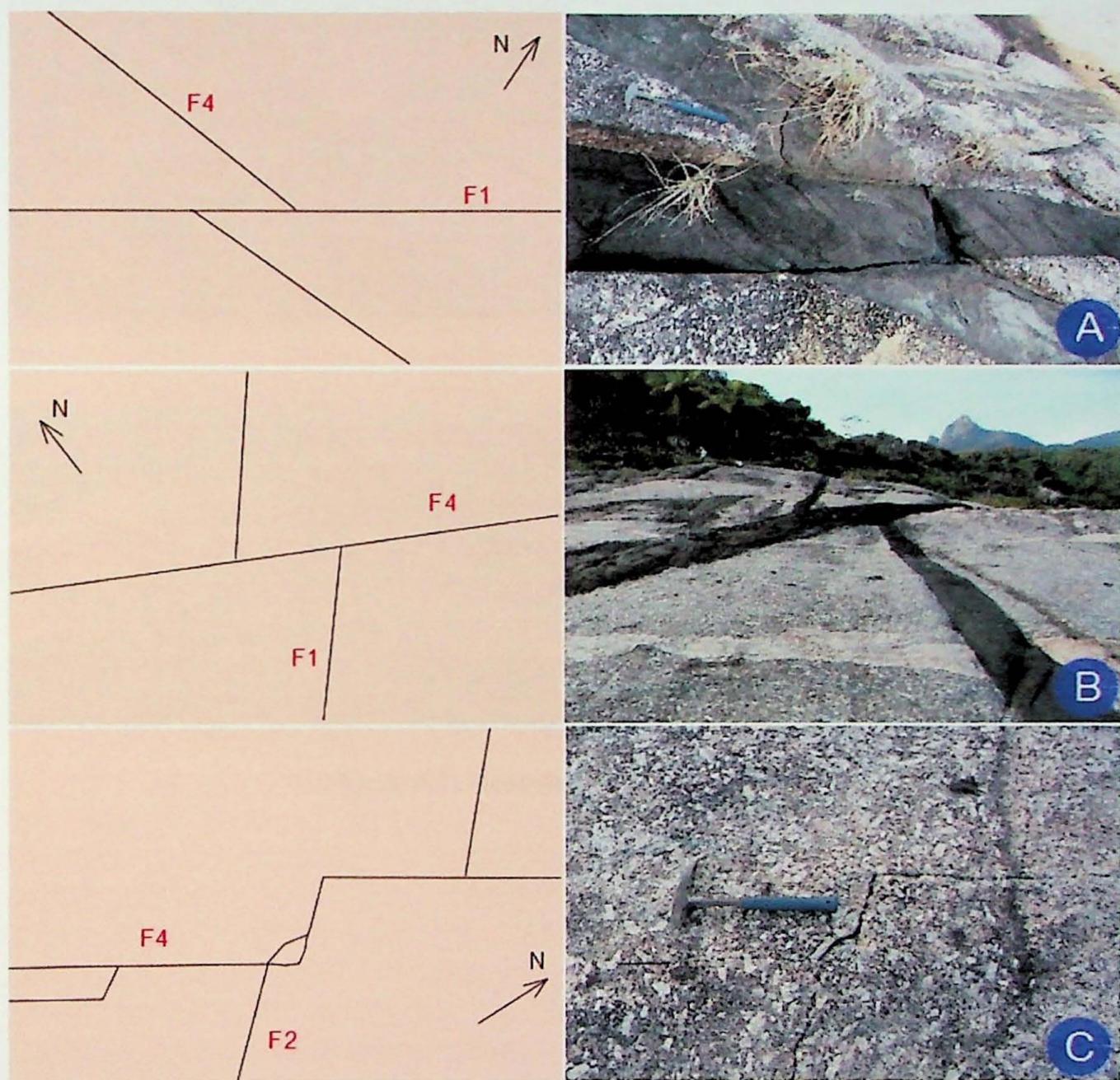


Figura 5.6: Relações entrecortantes de juntas (preenchidas ou não) da estação E-01.

5.1.2. Caracterização Geral do Geossítio

A estação E-01 (**Figura 5.7**) localiza-se na parte Sul da Ilhabela, no Bairro da Cachoeira da Boa Vista, em uma propriedade particular, de fácil acesso, não aberta ao público. Trata-se de um costão rochoso, sem infraestrutura implantada para o recebimento de turistas. Apresenta, além da vista aberta para o mar, os diques com as relações entrecortantes mais didáticas.



Figura 5.7: Visão geral da estação E-01.

5.2. ESTAÇÃO - 02 (E-02)

5.2.1. Caracterização Estrutural

A estação E-02 (**Figura 5.8**) localiza-se na parte central da Ilhabela, na Praia do Oscar, de coordenadas UTM 0458980/7363150.

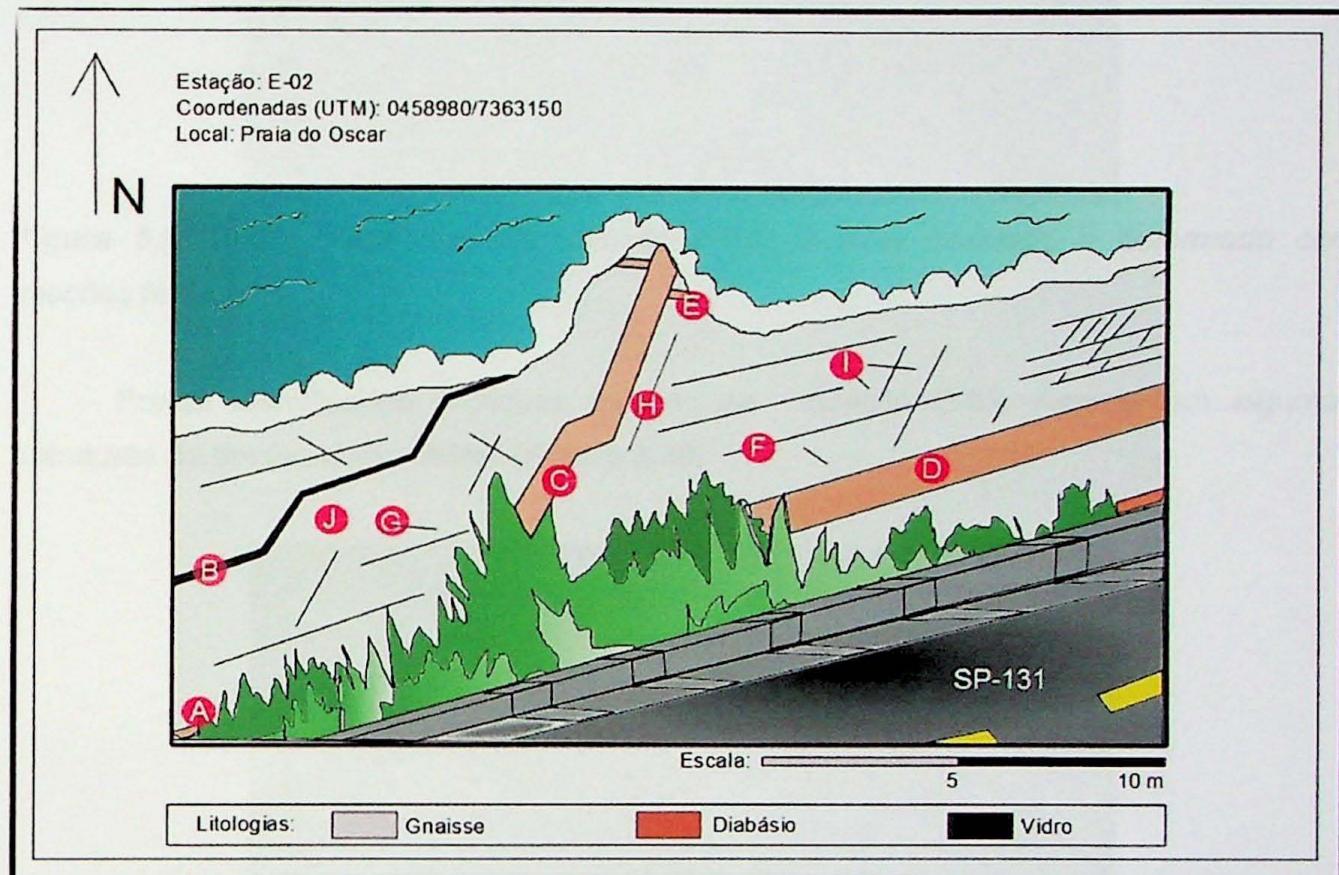


Figura 5.8: ESTAÇÃO – 02. Desenho esquemático com algumas das fraturas identificadas em campo. Os Diques Máficos da ESTAÇÃO - 02 estão todos esquematizados na figura. **F:** F1. **G:** F4. **H:** F3. **I:** F2. **J:** Rocha encaixante dos diques. Diques em F1 (D1): **A:** D1-01. **B:** D1-02 (predominante na F1, mas aproveita também a direção F3). **D:** D1-03. Diques em F3 (D3): **C:** D3-01 (predominante na F3, mas aproveita também a direção F1). Dique em F4 (D4): **E:** D4-01. Afloramento com aproximadamente 25 metros de largura.

A rocha encaixante dos diques máficos da estação E-02 constitui-se de gnaisse bandado de composição granítica, que apresenta injeções félsicas que se apresentam dobradas (**Figura 5.9**). Apresenta foliação orientada segundo a direção NNE-SSW e mergulho para SE.



Figura 5.9: Rocha encaixante da estação E-02. Gnaisse bandado e deformado com injeções félasicas.

Foram identificados 5 diques maficos na estação E-02. Apresentam algumas estruturas de bordas como chifres (**Figura 5.10**).



Figura 5.10: Dique D1-03 encaixado em fratura F1 com estrutura de borda do tipo chifre.

O contato entre a rocha encaixante e os diques maficos são retilíneos, sendo que é possível observar estrias de crescimento de epídoto na parede no contato do dique D1-01 com a rocha encaixante.

Foi possível identificar quatro famílias distintas de juntas (F1, F2, F3 e F4) (**Figura 5.2**) na estação E-02.

Alguns diques da estação E-02 não seguem apenas uma direção. O dique D1-02, que está alojado principalmente na junta F1, também aproveita, em algumas partes dele, a direção de junta F3 (**Figura 5.11.A**), assim como o dique D3-01, alojado em junta F3, aproveita também, em algumas partes dele, a junta F1 (**Figura 5.11.B**). Nota-se também a relação entre os diques D3-01, alojado em junta F3, e o dique D4-01, colocado em junta F4, quando o dique D3-01 desloca o dique D4-01 (**Figura 5.11.C**). O afloramento possui regiões na qual há concentração de juntas, onde é possível observar as juntas F1 cortando as outras famílias de juntas (**Figura 5.11.D**).

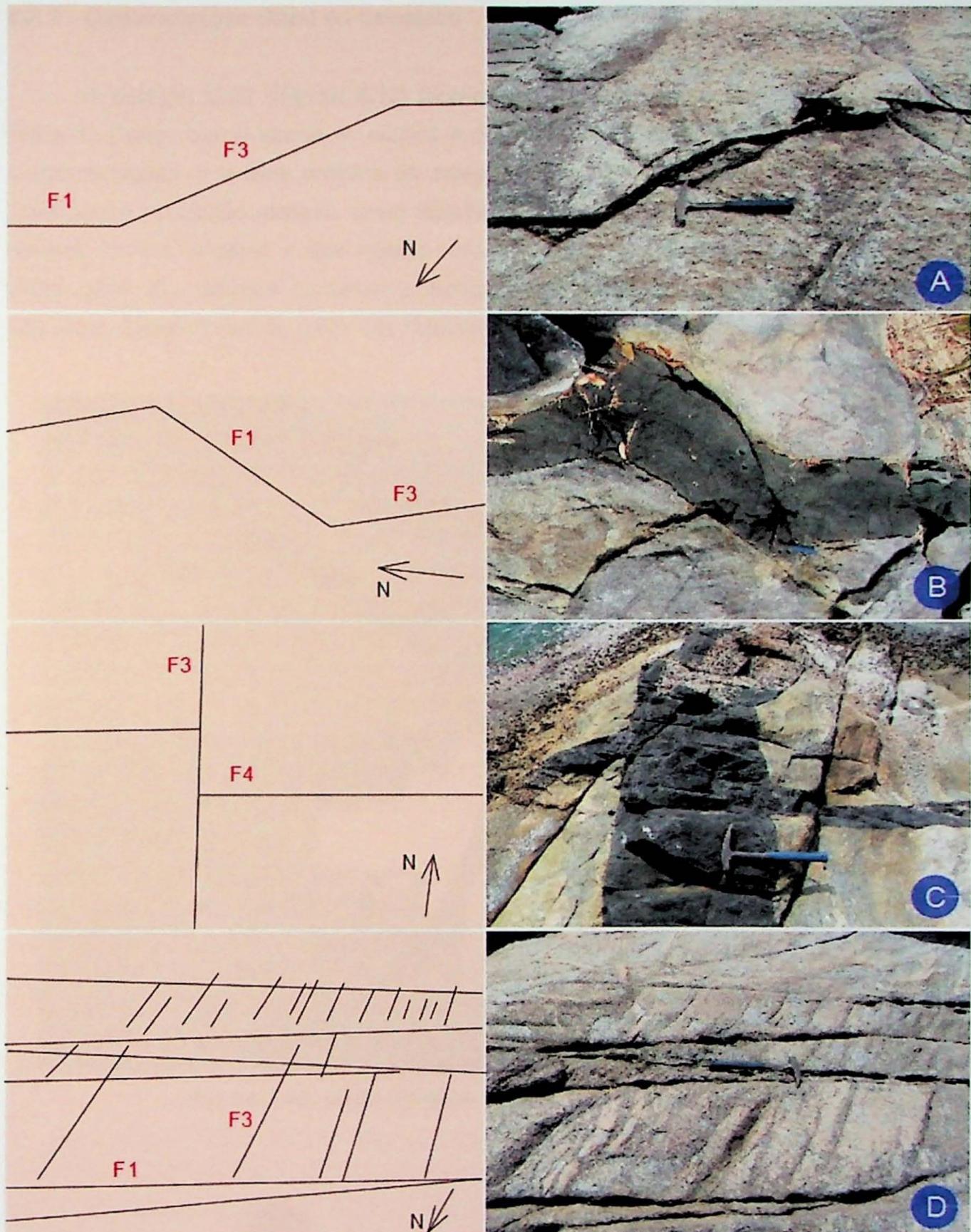


Figura 5.11: Relações entre juntas da estação E-02.

5.2.2. Caracterização Geral do Geossítio

A estação E-02 (*Figura 5.13*) localiza-se na parte central da Ilhabela, próximo à Praia do Oscar, que é aberta ao público e de fácil acesso. Esta estação, dentre todas as outras estações, é a mais próxima da balsa que faz a travessia São Sebastião-Ilhabela. Trata-se de um costão rochoso, ainda sem infraestrutura implantada para o recebimento de turistas. Porém, próximo a este costão rochoso, existem locais onde é possível ter uma visão geral dos costões rochosos próximos à Praia do Oscar, além de ser possível visualizar, nestes mirantes, a Ilha das Cabras e o município de São Sebastião.

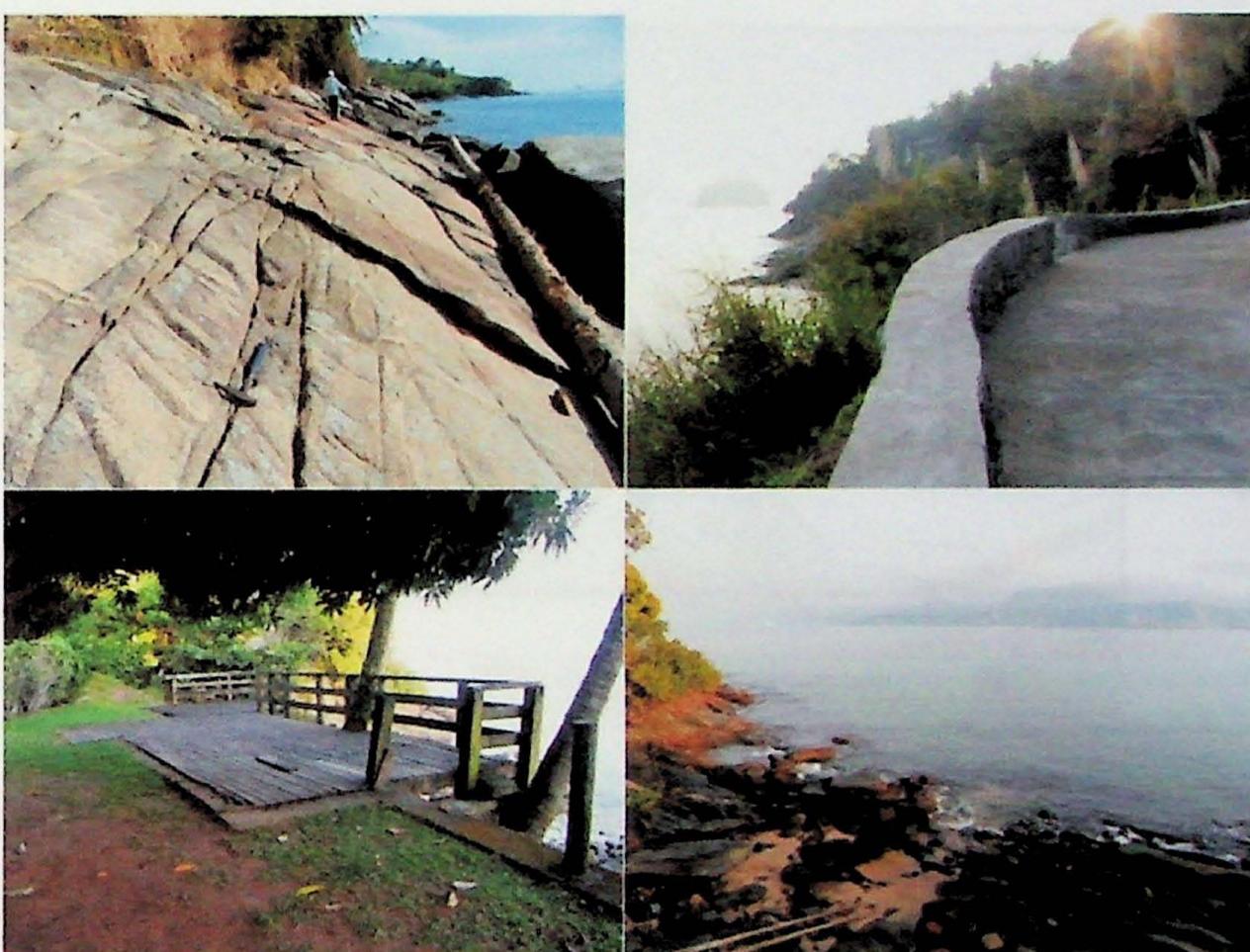


Figura 5.13: Visão Geral da estação E-02 e proximidades.

5.3. ESTAÇÃO - 03 (E-03)

5.3.1. Caracterização Estrutural

A estação E-03 (*Figura 5.14*) localiza-se na parte norte da Ilhabela, na Ponta da Siriúba, de coordenadas UTM 0464329/7373181.

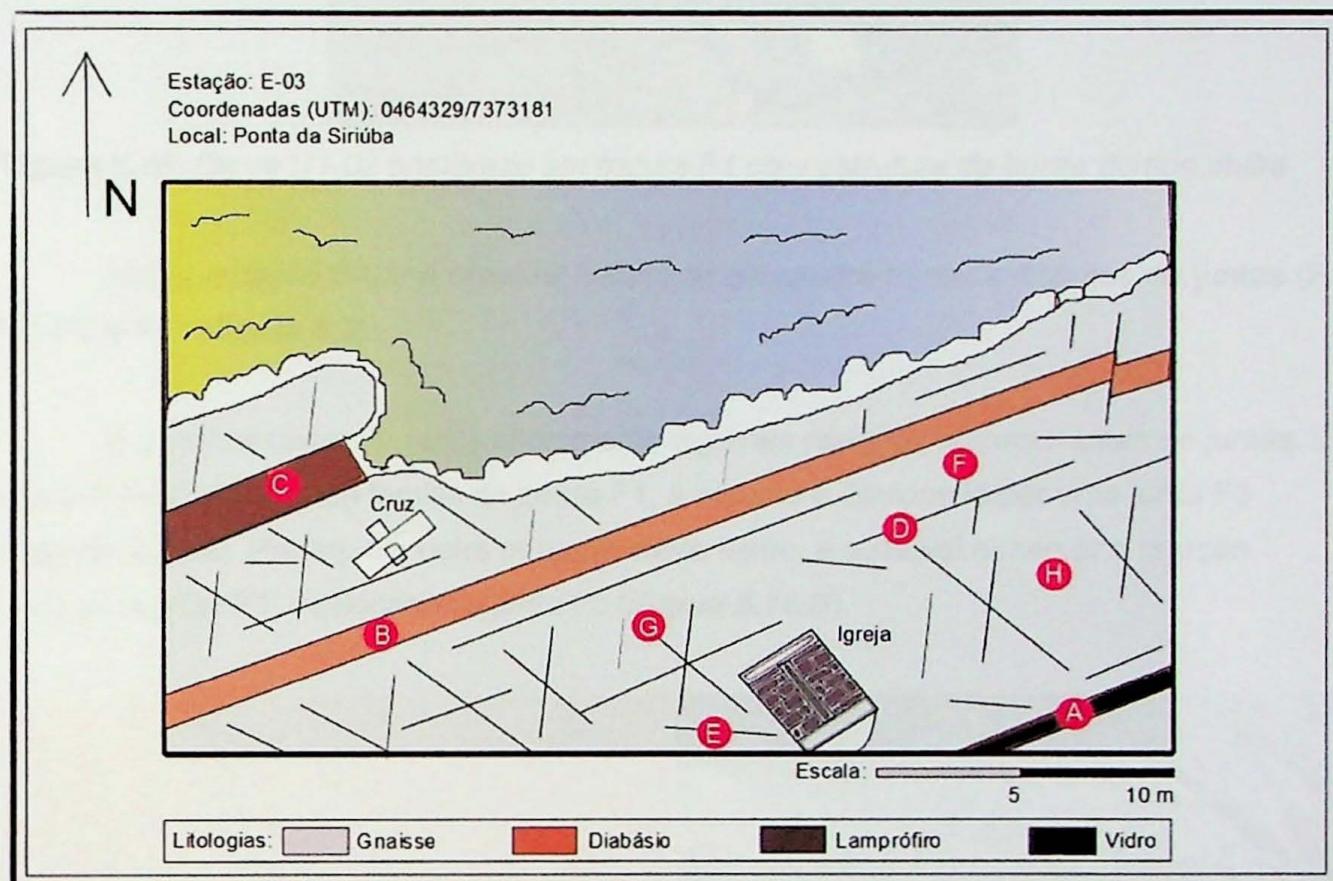


Figura 5.14: ESTAÇÃO – 03. Desenho esquemático com algumas das fraturas identificadas em campo. Os Diques Máficos da ESTAÇÃO – 03 estão todos esquematizados na figura. **D:** F1. **E:** F4. **F:** F3. **G:** F2. **H:** Rocha encaixante dos diques. Diques em F1 (D1): **A:** D1-01. **B:** D1-02. **C:** D1-03. Afloramento com aproximadamente 30 metros de largura.

A rocha encaixante dos diques maficos da estação E-03 constitui-se de gnaisse ortoderivado bandado formado pela alternância de material felsico pegmatítico grosso e biotita gnaisse. A rocha apresenta-se homogênea, sem apresentar feições deformacionais. A foliação da rocha encaixante está orientada segundo a direção NNE-SSW e mergulho para NW.

O contato entre a rocha encaixante e os diques maficos é retilíneo. Os diques apresentam algumas estruturas como chifres (*Figura 5.15*).



Figura 5.15: Dique D1-02 encaixado em fratura F1 com estrutura de borda do tipo chifre.

Nesta estação E-03, é possível identificar até quatro famílias distintas de juntas (F1, F2, F3 e F4) (**Figura 5.2**).

É possível observar neste afloramento algumas relações entrecortantes de juntas. O dique D1-02, alojado em família de juntas F1, é cortado e deslocado por uma junta F3 (**Figura 5.16.A**). Porém, em outra parte do afloramento, é possível observar a relação inversa, a junta F1, deslocando a junta F3 (**Figura 5.16.B**).

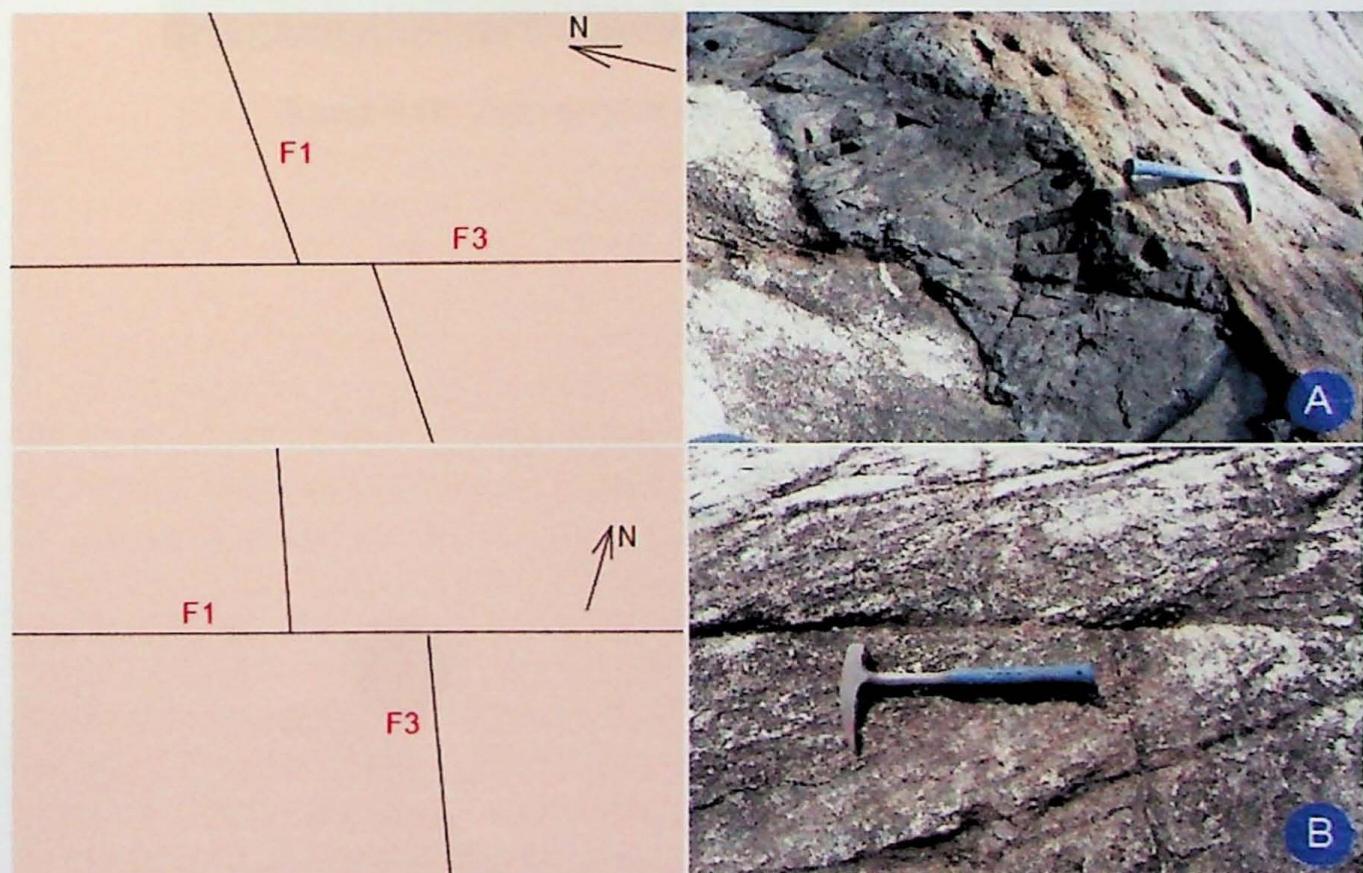


Figura 5.16: Relações entrecortantes entre as famílias de juntas F1 e F3.

5.3.2. Caracterização Geral do Geossítio

A estação E-03 (**Figura 5.17**) localiza-se na parte Norte da Ilhabela, no Pontal da Siriúba, que é aberta ao público e de fácil acesso. Esta estação apresenta, além da vista para o mar e do costão rochoso, uma pequena igreja. Próximo a este costão rochoso, existe uma praia pouco frequentada denominada Praia da Siriúba.

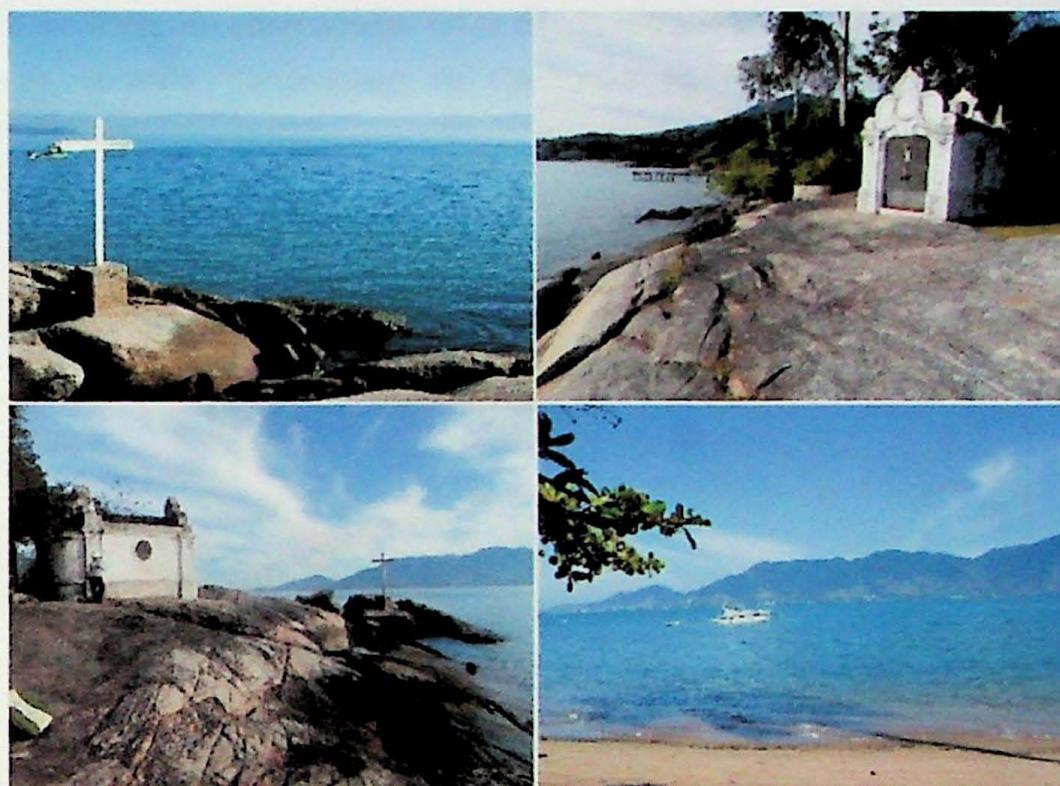


Figura 5.17: Visão geral da estação E-03 e proximidades.

5.4. ESTAÇÃO – 04 (E-04)

5.4.1. Caracterização Estrutural

A estação E-04 (**Figura 5.18**) localiza-se na parte centro-norte da Ilhabela composta por duas cachoeiras próximas, uma em uma propriedade particular, denominada de Cachoeira da Toca, de coordenadas UTM 0465235/7364948, e outra inserida no Parque Estadual de Ilhabela, denominada de Cachoeira da Água Branca, de coordenadas 0463399/7363383.

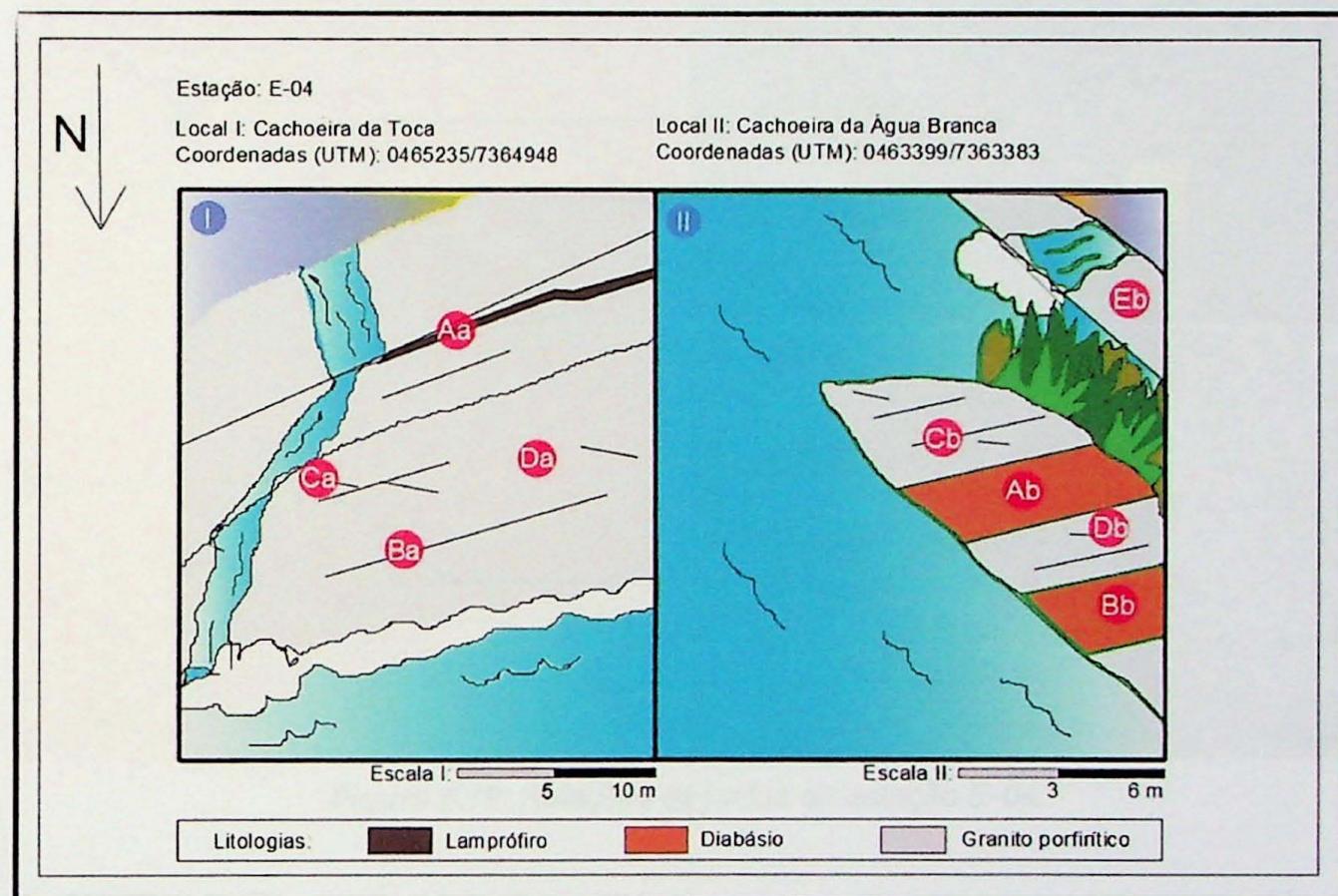


Figura 5.18: ESTAÇÃO – 04. Desenho esquemático com algumas das fraturas identificadas em campo. Os Diques Máficos da ESTAÇÃO – 04 estão todos esquematizados na figura. **Cachoeira da Toca:** **Ba:** F1. **Ca:** F2. **Da:** Rocha encaixante dos diques. Diques em F1 (D1): **Aa:** D1-01 (predominante na F1, mas aproveita também a direção F2). Afloramento com aproximadamente 20 metros de largura. **Cachoeira da Água Branca:** **Cb:** F1. **Db:** F2. **Eb:** Rocha encaixante dos diques maficos. Diques em F1 (D1): **Ab:** D1-01. **Bb:** D1-02. Afloramento com aproximadamente 10 metros de largura.

A rocha encaixante dos diques maficos da estação E-04 constitui-se de granito porfirítico milonítico com fenocristais de dimensões aproximadas 1 x 2cm. A foliação da rocha encaixante está orientada segundo a direção NEE-SWW e mergulho para SE.

Nesta estação E-04, é possível identificar duas famílias distintas de juntas (F1 e F2) (**Figura 5.2**).

É possível observar nesta estação algumas relações entre cortantes de juntas. Na Cachoeira da Toca, é possível observar a junta F1 deslocando a junta F2. O dique D1-01 está colocado predominantemente na junta F1, mas é possível observar que a junta F2 também é aproveitada pelo dique (**Figura 5.19**).

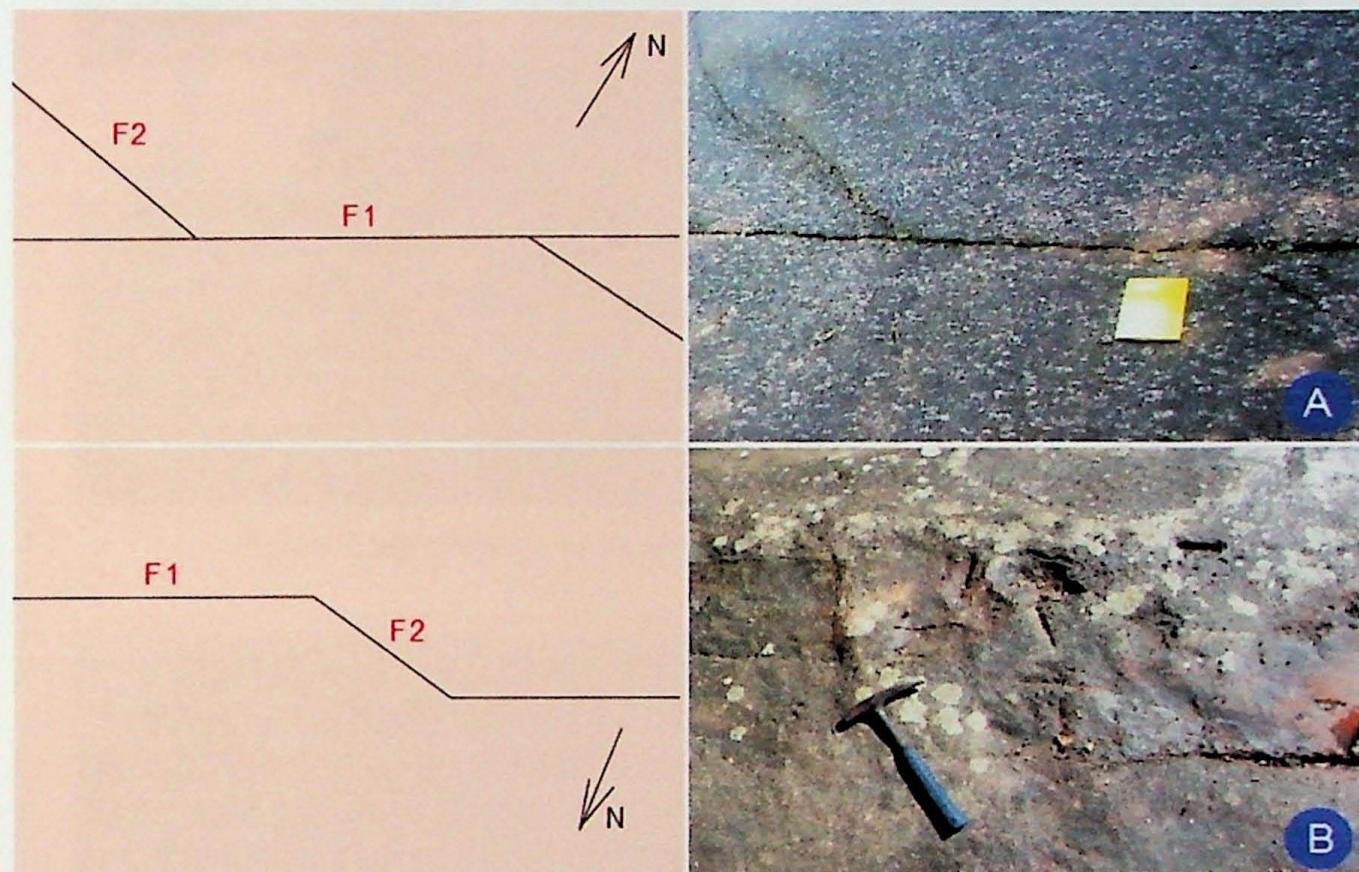


Figura 5.19: Relações de juntas da estação E-04.

5.4.2. Caracterização Geral do Geossítio

A estação E-04 localiza-se na parte centro-norte da Ilhabela composta por duas cachoeiras próximas, uma em uma propriedade particular porém aberta ao público, denominada de Cachoeira da Toca (**Figura 5.20**) e outra inserida no Parque Estadual de Ilhabela, denominada de Cachoeira da Água Branca (**Figura 5.21**). Ambas as cachoeiras são de fácil acesso e abertas ao público e já são utilizadas para fins turísticos, com infraestrutura para o recebimento de turistas já implantada. A Cachoeira da Água Branca está inserida na trilha oficial do Parque Estadual de Ilhabela, denominada de Trilha da Água Branca. Esta cachoeira comprehende cinco poços, denominados Jabuti, Jequitibá, Ducha, Escada e Pedra.



Figura 5.20: Visão geral da estação E-04 (Cachoeira da Toca).

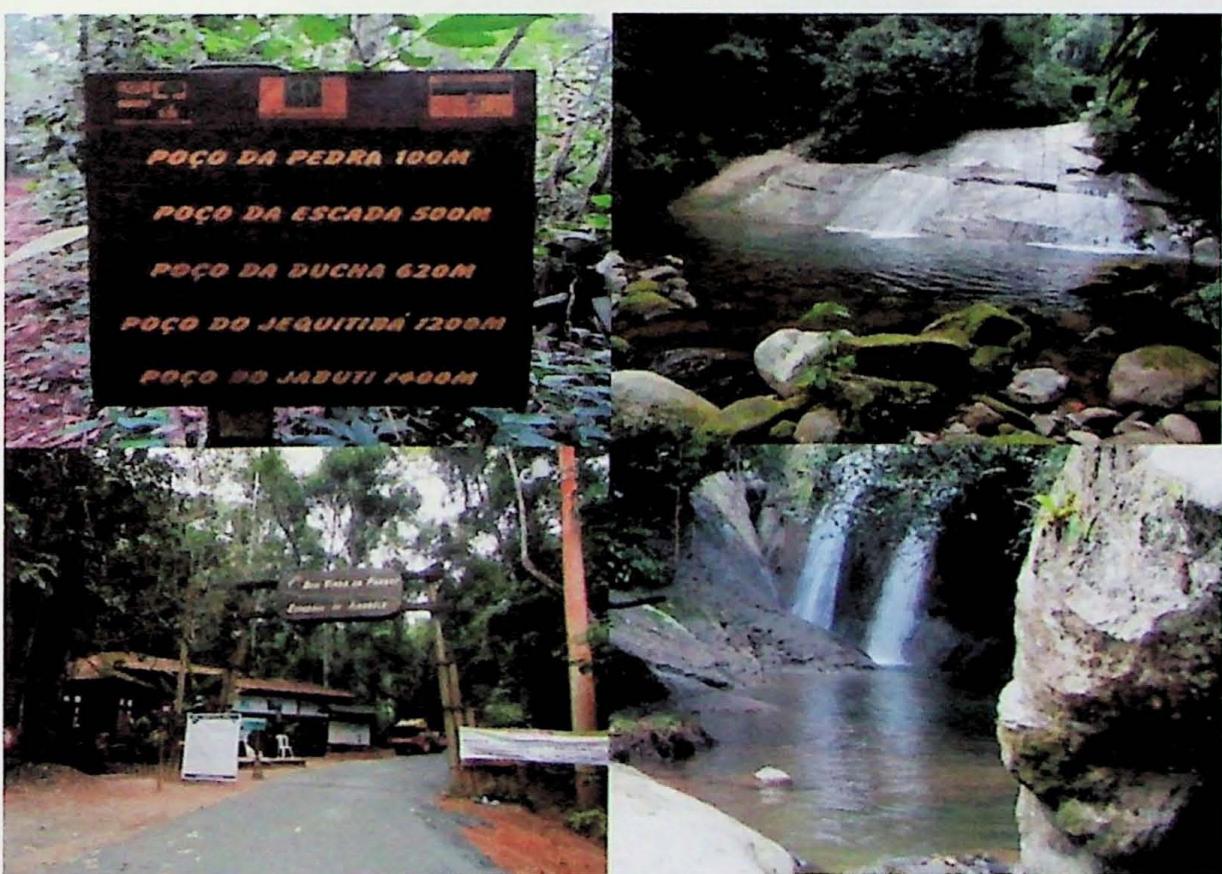


Figura 5.21: Visão geral da estação E-04 (Cachoeira da Água Branca).

6. Caracterização Petrográfica

Em campo, foram coletadas amostras dos diques e de suas rochas encaixantes para a posterior confecção de lâminas delgadas para análise mineral através de microscopia eletrônica, visando a caracterização e classificação química dos litotipos em estudo.

6.1. Rochas ácidas

As rochas encaixantes dos diques máficos constituem-se de granitos porfiríticos nas estações E-01 e E-04 e gnaisses de composição granítica nas estações E-02 e E-03. Os granitos porfiríticos apresentam feldspato e quartzo como minerais essenciais e biotita em menor quantidade, além de opacos como mineral acessório. No granito porfirítico da estação E-01, há predomínio de plagioclásio sobre feldspato alcalino, enquanto que na estação E-04 há predomínio de microclínio sobre plagioclásio. Em ambos os casos, os fenocristais que conferem o caráter porfirítico das rochas constituem-se de feldspatos. É possível observar, na lâmina da rocha da estação E-04, *ribbons* de quartzo. Os gnaisses de composição granítica apresentam predomínio de quartzo e feldspatos, além de biotita associada à hornblenda e opacos como mineral acessório.

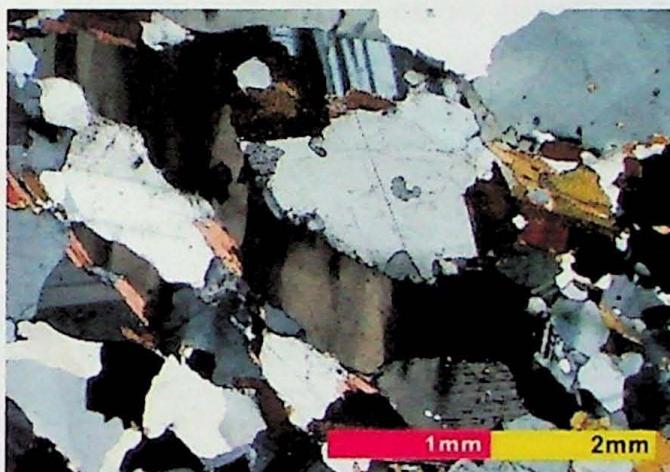


Figura 6.1: Fotomicrografia de gnaisse da estação E-02.

6.2. Rochas básicas a intermediárias

Dos 15 diques analisados microscopicamente, 10 diques constituem-se de diabásios, com ripas de plagioclásio e piroxênio granular como minerais essenciais e biotita e opacos como minerais acessórios. É possível observar, em alguns desses diques, fenocristais de piroxênio, de mineral carbonático associado a biotita e de plagioclásio intercrescido. Os diques de diabásio são encontrados em todas as quatro estações estudadas.

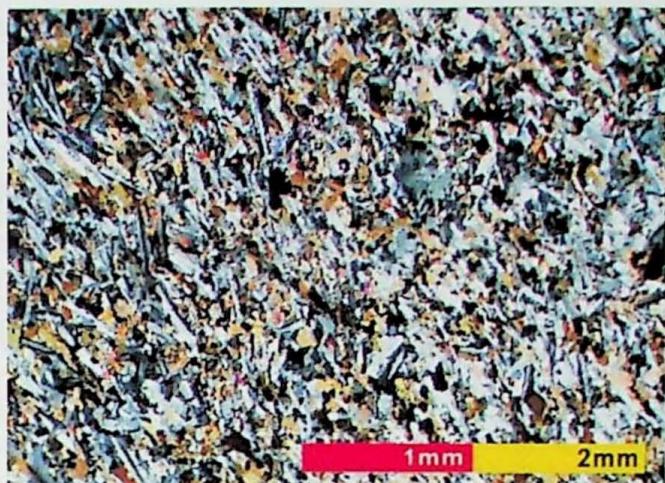


Figura 6.2: Fotomicrografia de dique de diabásio da estação E-01.

6.3. Rochas básicas-ultrabásicas

As rochas básicas-ultrabásicas diferenciam-se das rochas básicas a intermediárias devido a predominância do mineral piroxênio sobre feldspato e pela abundância de minerais maficos como piroxênio e olivina (Garda, 1995). Entre os diques analisados, três se enquadram nesta classificação. Estes diques constituem-se de lamprófiros, sendo que um dos diques apresenta a predominância dos minerais piroxênio e olivina e com pouco feldspato, além de apresentar aglomerados de mineral carbonático. Os outros dois diques apresentam matriz muito fina de piroxênio de hábito esquelético, feldspato ripiforme e minerais opacos, apresentando fenocristais de feldspato em um desses diques. Esses diques de lamprófiro são encontrados nas estações E-01 e E-04.

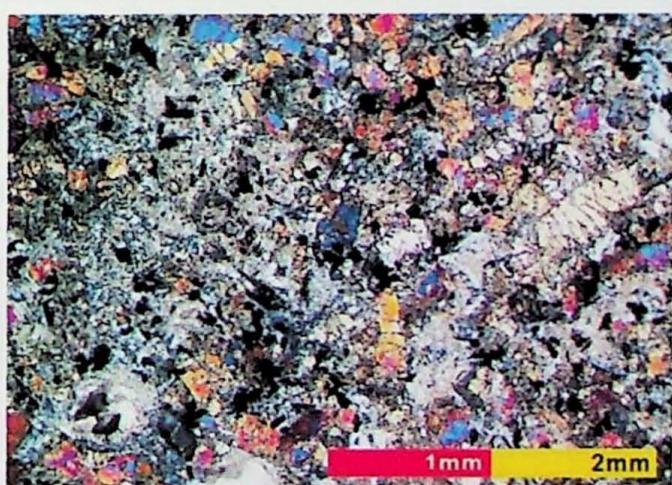


Figura 6.3: Fotomicrografia de lampófiro da estação E-04.

Em duas amostras de diques não foi possível a classificação química através de microscopia eletrônica, por tratarem-se de vidro. Portanto, é necessária a análise geoquímica dessas amostras, método não proposto neste trabalho de formatura.

Tabela 6.1: Quadro síntese da caracterização petrográfica das amostras dos diques e rochas encaixantes coletados em Ilhabela-SP.

Estação E-01			
Identificação	Litologia	Minerais Principais	Observações
Rocha Encaixante	Granito Porfirítico	Plagioclásio, quartzo, feldspato alcalino e biotita.	-
D1-01	Diabásio	Plagioclásio, piroxênio, biotita, hornblenda, quartzo e opacos.	-
D1-02	Diabásio	Plagioclásio, piroxênio, biotita, hornblenda, quartzo e opacos.	-
D4-01	Diabásio	Plagioclásio, piroxênio, biotita, hornblenda, quartzo e opacos.	Apresenta fenocristais de feldspato.
D1-03	Diabásio	Plagioclásio, piroxênio, biotita, hornblenda, quartzo e opacos.	-
D4-02	Lamprófiro	Piroxênio, plagioclásio e opacos.	Apresenta fenocristais de feldspato.
Estação E-02			
Identificação	Litologia	Minerais Principais	Observações
Rocha Encaixante	Gnaisse	Quartzo, plagioclásio, feldspato alcalino, biotita e hornblenda.	-
D1-02	Vidro	-	Mineralogia não observável.
D3-01	Diabásio	Plagioclásio, piroxênio, biotita, hornblenda, quartzo e opacos.	-
D1-03	Diabásio	Plagioclásio, piroxênio, biotita, hornblenda, quartzo e opacos.	-
D1-01	Diabásio	Plagioclásio, piroxênio, biotita, hornblenda, quartzo e opacos.	-
Estação E-03			
Identificação	Litologia	Minerais Principais	Observações
Rocha Encaixante	Gnaisse	Quartzo, plagioclásio, biotita e hornblenda.	-
D1-03	Lamprófiro	Piroxênio, plagioclásio e opacos.	-
D1-02	Diabásio	Plagioclásio, piroxênio, biotita, hornblenda, quartzo e opacos.	Apresenta fenocristais de feldspato.
D1-01	Vidro	-	Mineralogia não observável.
Estação E-04			
Identificação	Litologia	Minerais Principais	Observações
Rocha Encaixante	Granito Porfirítico	Microclínio, plagioclásio, quartzo e biotita.	Apresenta <i>ribbons</i> de quartzo.
D1-01 (a)	Lamprófiro	Piroxênio, plagioclásio e opacos.	-
D1-02	Diabásio	Plagioclásio, piroxênio, biotita, hornblenda, quartzo e opacos.	Apresenta fenocristais de feldspato e piroxênio.
D1-01 (b)	Diabásio	Plagioclásio, piroxênio, biotita, hornblenda, quartzo e opacos.	Apresenta mineral carbonático.

7. Discussões e interpretações

7.1. Tectonismo

Em campo, foram identificadas, no total, quatro direções distintas de juntas (F_1 , F_2 , F_3 e F_4) (Figura 7.1).

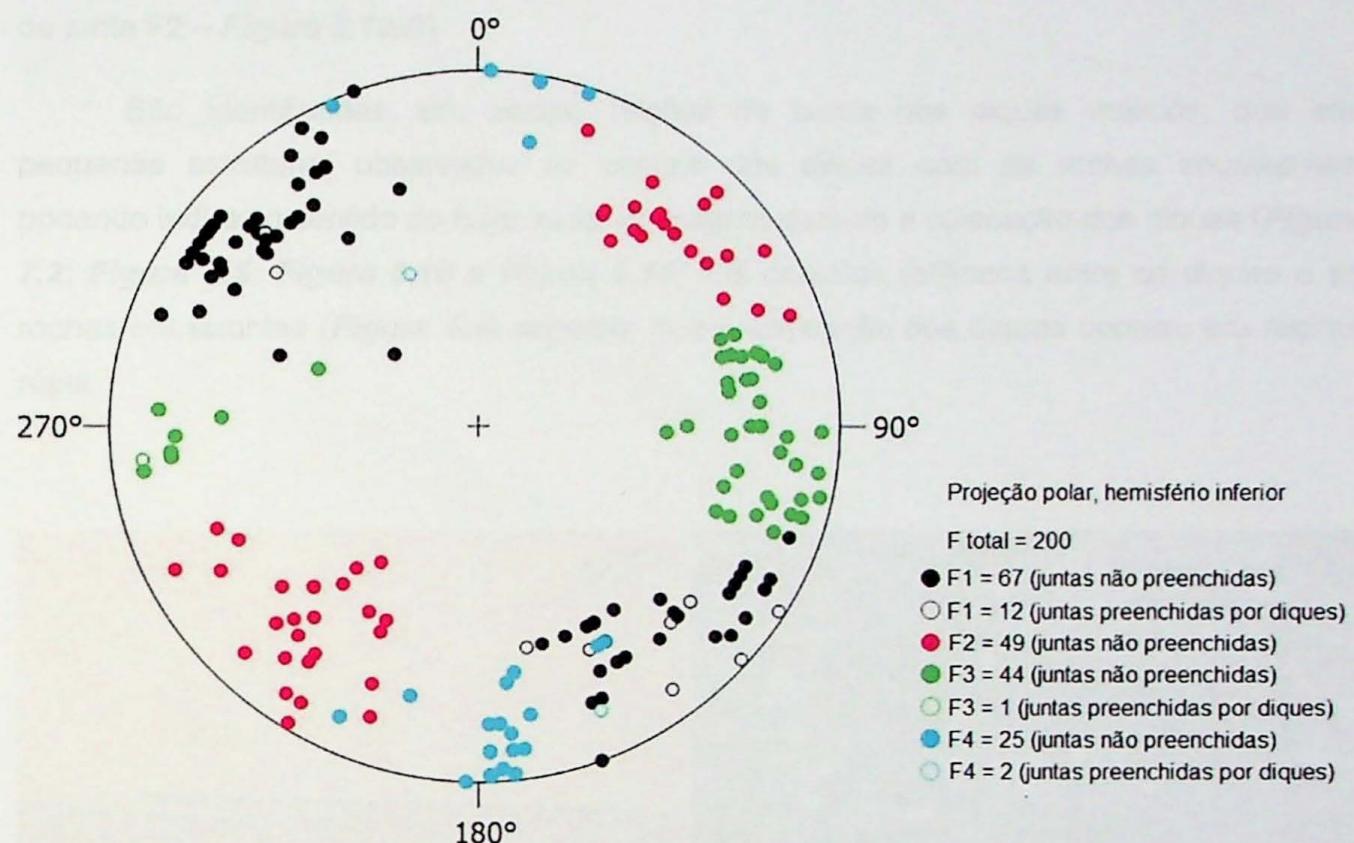


Figura 7.1: Diagrama estereográfico com a representação de todas as famílias de juntas (F_1 , F_2 , F_3 e F_4) das quatro estações estudadas (E-01, E-02, E-03 e E-04).

É possível admitir uma relação cronológica local entre juntas, quando uma família de juntas mais recente desloca outra família de juntas mais antiga. Porém, onde há interação de juntas, as relações entrecortantes de juntas não se mantêm as mesmas em todos os afloramentos (na estação E-01, F_1 desloca F_4 - **Figura 5.6.A** e F_4 desloca F_1 - **Figura 5.6.B**; na estação E-02, F_3 desloca F_4 - **Figura 5.11.C**; na estação E-03, F_3 desloca F_1 - **Figura 5.16.A** e F_1 desloca F_3 - **Figura 5.16.B**; na estação E-04, F_1 desloca F_2 - **Figura 5.19.A**). É encontrada apenas uma interação de diques de diferentes composições (na estação E-01, o dique de lamprófiro, D4-02, alojado em junta F_4 , desloca o dique de diabásio, D1-03, alojado em junta F_1 - **Figura 5.6.B**, indicando que, nesta interação, o dique de lamprófiro é mais recente que o dique de diabásio). Na literatura, é descrito que os diques de rochas toléíticas, na qual os diques de diabásio se enquadram, possuem idade entre 73,5 e 102,5 Ma, enquanto que os diques de rochas alcalinas, na qual os diques de lamprófiro se enquadram, possuem idade entre 76,4 e 81,8 Ma na região (Amaral et al.,

1966; Hennies & Hasui, 1968; Sonoki & Garda, 1988; Guedes *et al.* 2005). É possível observar evidências de que a colocação dos diques pode ter sido posterior ao fraturamento, nos locais onde os diques aproveitam mais de uma direção de junta (na estação E-02, o dique D1-02, predominante na F1, também aproveita a direção de junta F3 – **Figura 5.11.A** e o dique D3-01, alojado em junta F3, também aproveita a direção de junta F1 – **Figura 5.11.B**; na estação E-04, o dique D1-01, predominante na F1, também aproveita a direção de junta F2 – **Figura 5.19.B**).

São identificadas, em campo, feições de borda nos diques maficos, que são pequenas estruturas observadas no contato dos diques com as rochas encaixantes, podendo indicar o sentido do fluxo inicial do magma durante a colocação dos diques (**Figura 7.2**; **Figura 5.5**; **Figura 5.10** e **Figura 5.15**). Os contatos retilíneos entre os diques e as rochas encaixantes (**Figura 5.4**) sugerem que a colocação dos diques ocorreu em regime rúptil.

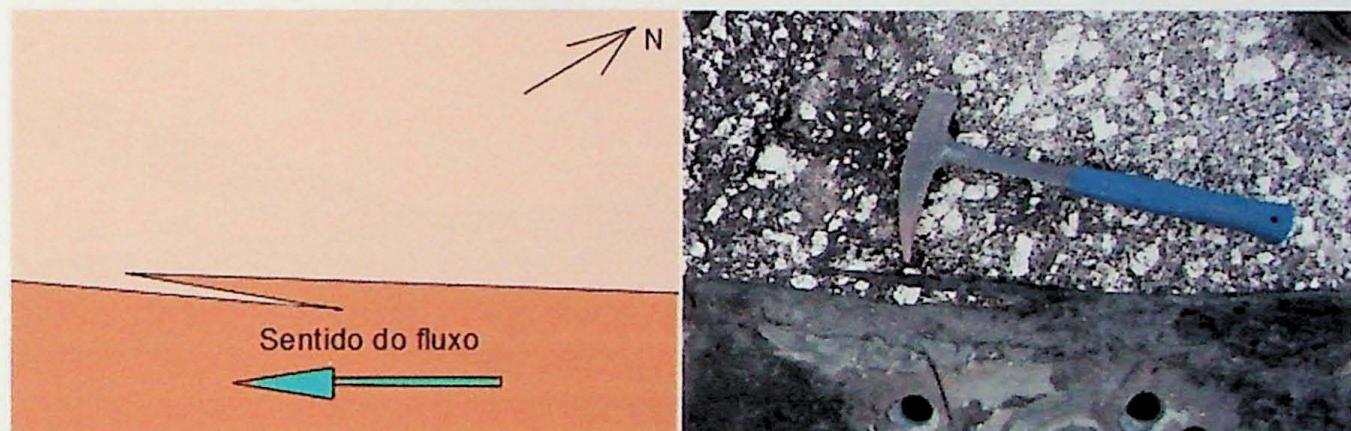


Figura 7.2: Sentido do fluxo inicial inferido a partir das estruturas de bordas nos diques.

É possível identificar em campo, em alguns diques, indicadores da movimentação de juntas durante a colocação destes diques, conferindo movimentação sinistral (**Figura 7.3.A**) e, principalmente, dextral (**Figura 7.3.B**; **Figura 7.3.C** e **Figura 7.3.D**). Dentre estes diques de diabásios e lamprófiros, apenas o dique de lamprófiro (dique D4-02 na **Figura 7.3.A**) apresentou movimentação sinistral de juntas durante a sua colocação.

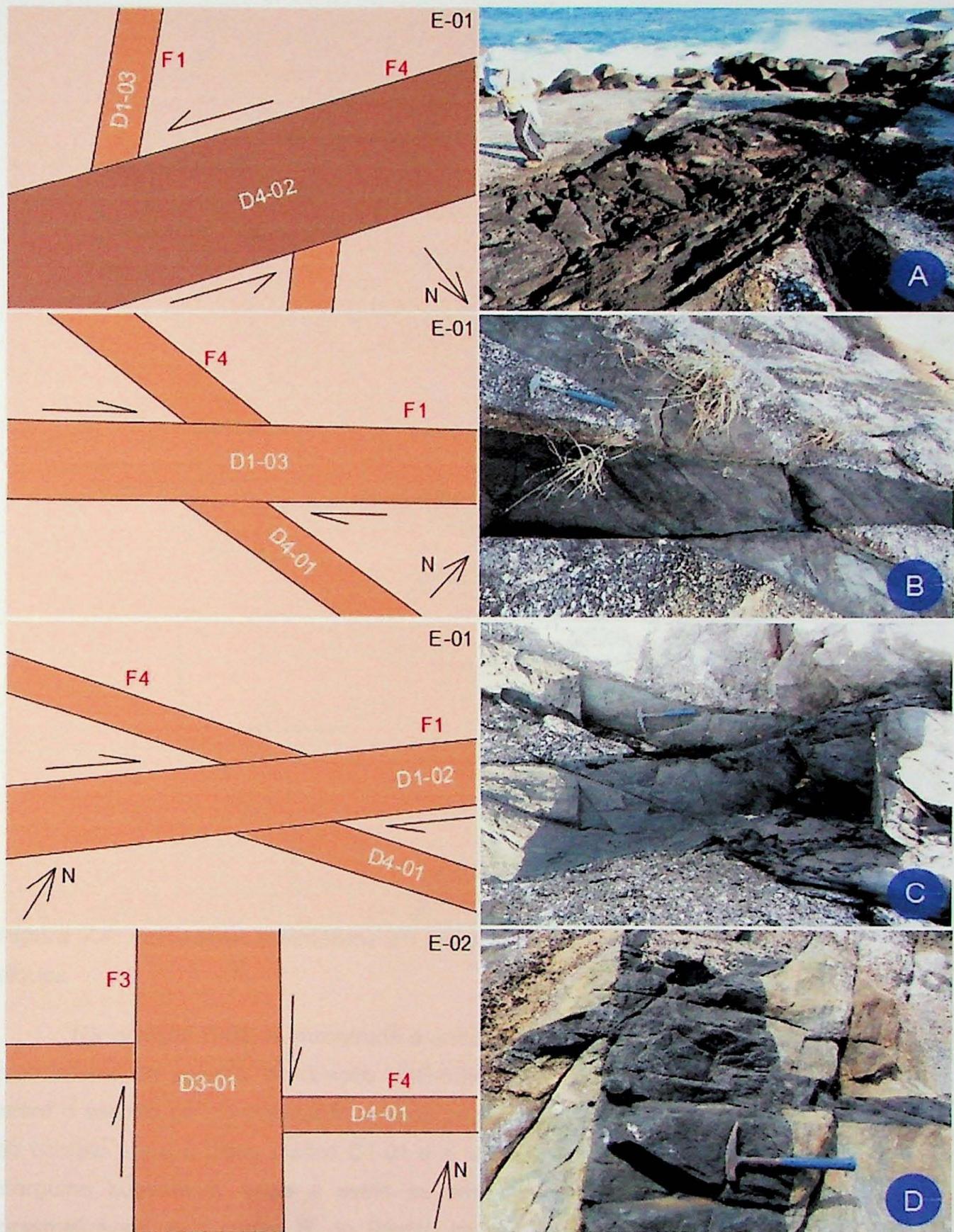


Figura 7.3: Movimentação durante a colocação dos diques.

É possível, também, observar vários indicadores cinemáticos nas juntas não preenchidas por diques, todas elas indicando movimentação sinistral (**Figura 7.4**).

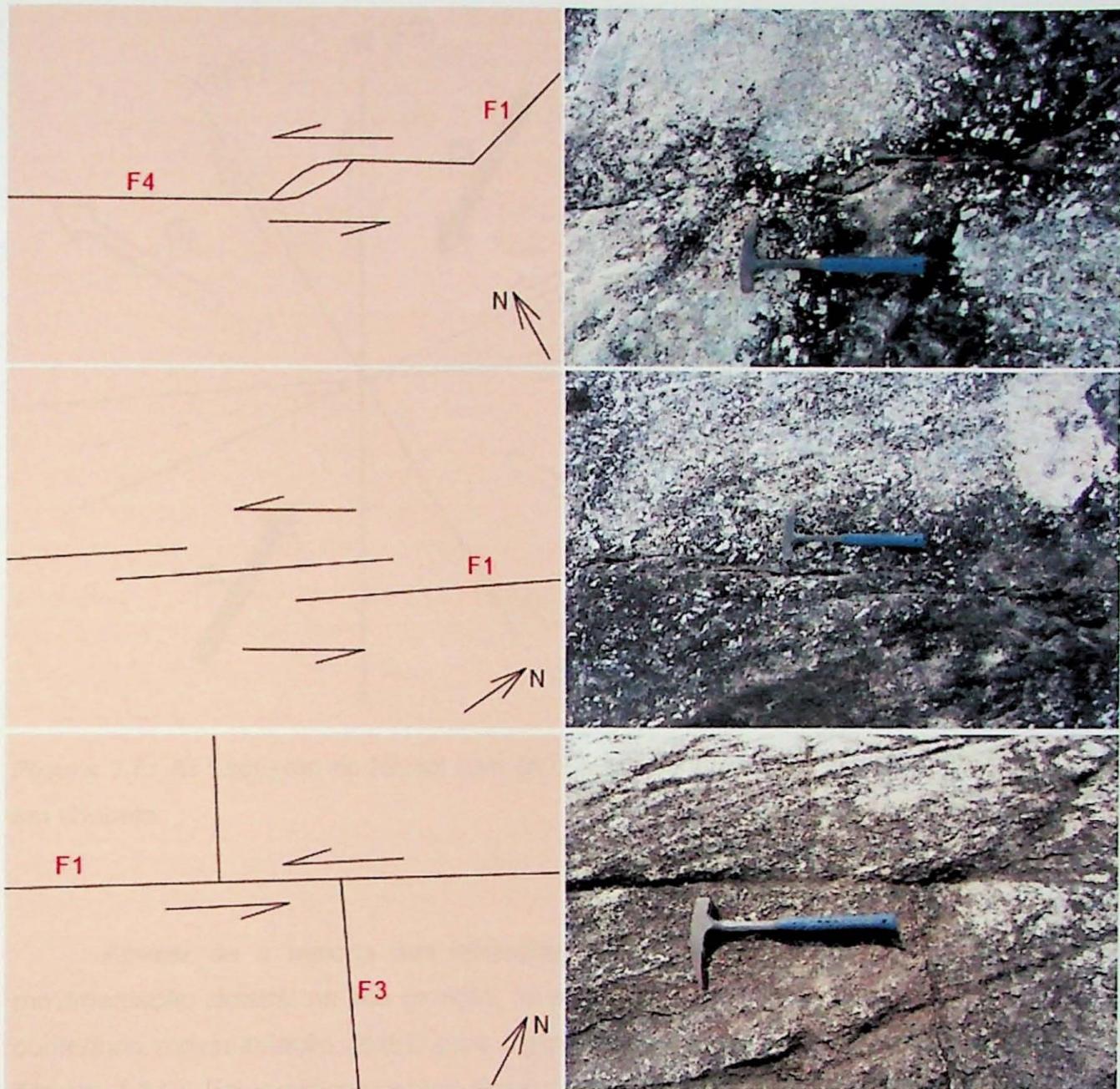


Figura 7.4: Indicadores cinemáticos em juntas e interações de juntas não preenchidas por diques.

Na estação E-02, é encontrada a única estria observada, dada provavelmente pelo crescimento de epídoto, de direção NNE-SSW e mergulho para NE, não sendo possível inferir o sentido de movimentação apenas pela observação desta estria. Porém, na parede do contato entre o dique máfico D1-01 e a rocha encaixante, de orientação NNE-SSW e mergulho subvertical, onde a estria se encontrava, foi possível observar juntas que assemelhavam às fraturas R de Riedel, indicando movimentação sinistral. Não foram encontradas falhas.

Analizando o conjunto de famílias de juntas, as juntas de direção NE (F1), NW (F2), N-S (F3) e F4 (E-W), podem corresponder, respectivamente, as fraturas do tipo R, X, R' e P, no esquema de Riedel de arranjo sinistral (**Figura 7.5**).

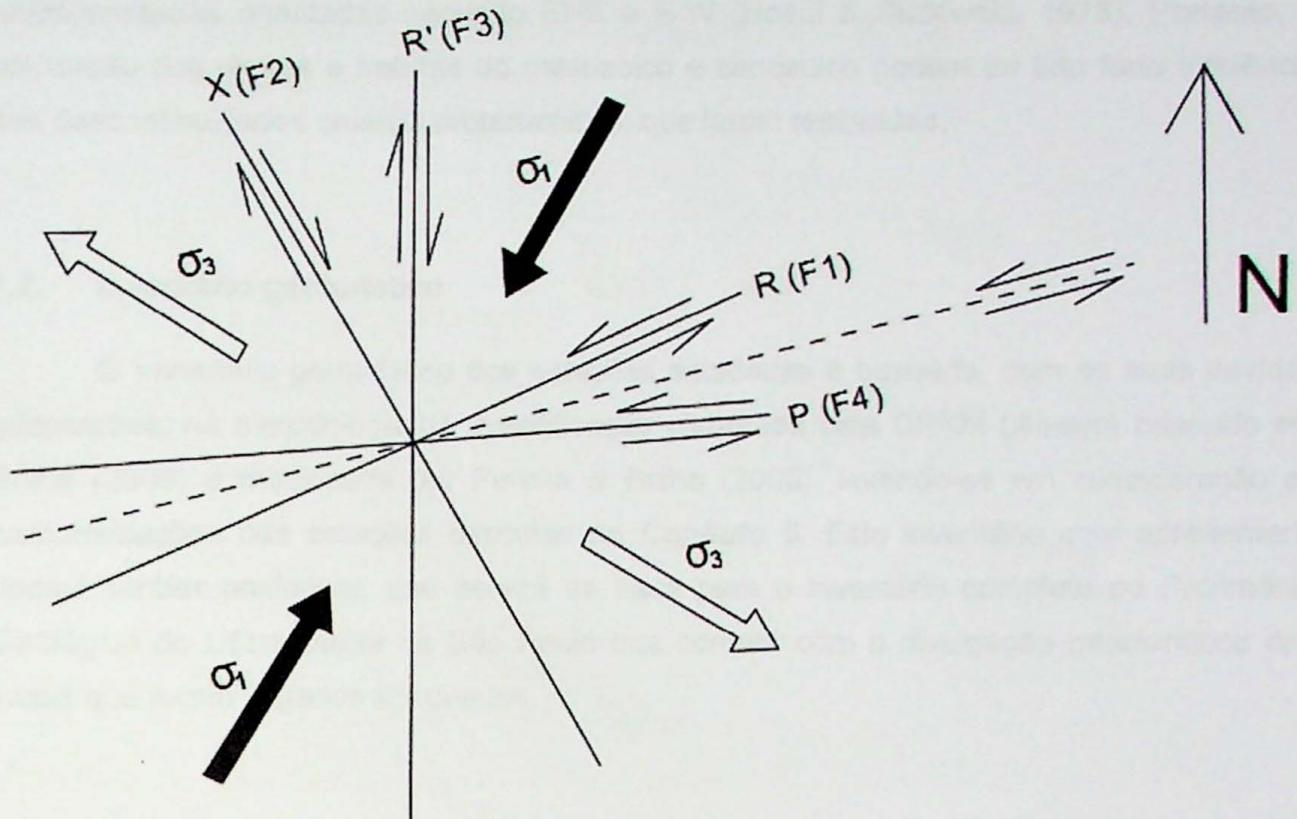


Figura 7.5: A: Esquema de Riedel com as famílias de juntas correspondentes observadas em Ilhabela.

Apesar de a maioria das interações de juntas indicarem que a junta F1 teve movimentação sinistral na sua geração, foi possível observar, em alguns locais, o inverso, conferindo movimentação dextral para algumas das juntas da família F1 (**Figura 7.3.B** e **Figura 7.3.C**). Foi também possível observar, em um caso, a movimentação sinistral para uma junta da família F3 (**Figura 5.16.A**). Estes casos podem corresponder a uma outra fase de deformação.

É possível sugerir que, a partir da analogia com o esquema de Riedel de arranjo sinistral, na colocação da maioria dos diques e juntas, a compressão e distensão estariam nas direções, respectivamente, NNE-SSW (SHmáx) e SSE-WNW (SHmin), com binário sinistral orientado segundo ENE-WSW, concordantes com os dados da literatura para a fase distensiva que foi responsável pela colocação de enxames de diques dos segmentos Santos-Rio de Janeiro e Florianópolis, no Cretáceo (Riccomini, 1995; Silva & Riccomini, 2005).

O processo de consolidação do embasamento da Plataforma Sul-Americana ocorreu no final do Proterozóico ao início do Cambriano. Nesse estágio final de consolidação da plataforma, no Cambriano-Ordoviciano, resultou em zonas de cisalhamentos dextrais

anastomosadas orientadas segundo ENE a E-W (Hasui & Sadowski, 1976). Portanto, a colocação dos diques e fraturas do mesozoico e cenozoico podem ter tido forte influência das descontinuidades crustais proterozóicas, que foram reativadas.

7.2. Inventário geoturístico

O inventário geoturístico das estações estudadas é baseada, com as suas devidas adaptações, na metodologia de quantificação elaborada pela CPRM (**Anexo**) baseado em Brilha (2005) e modificada por Pereira & Brilha (2008), levando-se em consideração as caracterizações das estações descritas no **Capítulo 5**. Este inventário aqui apresentado possui caráter preliminar, que servirá de base para o inventário completo do Patrimônio Geológico do Litoral Norte de São Paulo que contará com a divulgação geocientífica dos locais que forem julgados adequados.

Tabela 7.1: Quantificação das estações estudadas a partir da metodologia adotada pela CPRM, com adaptações.

Estação	A - Características Intrínsecas									Média
	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	
E-01	4	1	2	5	1	5	1	3	4	2,9
E-02	4	1	2	5	1	5	1	3	4	2,9
E-03	4	1	2	5	1	5	1	3	4	2,9
E-04	4	1	2	5	1	5	1	3	4	2,9

Estação	B - Uso Potencial							Média
	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	
E-01	5	5	3	2	5	4	1	3,57
E-02	5	5	3	5	5	4	1	4
E-03	5	5	3	5	5	4	1	4
E-04	5	5	3	5	5	4	1	4

Estação	C - Necessidade de Proteção						Média
	C1	C2	C3	C4	C5	C6	
E-01	3	5	5	2	2	2	3,16
E-02	3	5	5	2	4	2	3,5
E-03	3	5	5	2	4	2	3,5
E-04	3	1	5	5	4	2	3,33

Quantificação geral = (A + B + C) / 3	
E-01	3,21
E-02	3,46
E-03	3,46
E-04	3,41

Tabela 7.2: Classificação geral das estações.

Classificação das Estações				
Estação	Relevância	Quantificação	Interesse Científico	Informações Adicionais
E-01	Reg	3,21	Tect/Pig/Pmet	Cien/Gtur/Edu/Fm
E-02	Reg	3,46	Tect/Pig/Pmet	Cien/Gtur/Edu/Fm
E-03	Reg	3,46	Tect/Pig/Pmet	Cien/Gtur/Edu/Fm
E-04	Reg	3,41	Tect/Pig/Pmet	Cien/Gtur/Edu/PE/Fm

Legenda: Relevância: Reg.: Regional; Interesse Científico: Tect.: Tectônico, Pig: Petrologia Ignea, Pmet.: Petrologia Metamórfica; Uso Potencial: Cient.: Científico, Gtur.: Geoturismo, Edu.: Educacional; Fragilidade: Fm.: Fragilidade Média

8. Considerações finais:

São identificadas, nas estações estudadas, quatro famílias de juntas F1 (NE), F2 (NW), F3 (N-S) e F4 (E-W) que se interagem de formas diferentes, não apresentando uma sequencia cronológica única em todos os afloramentos, o que leva a possibilidade dessas famílias de juntas serem contemporâneas. Os diques das estações estudadas constituem-se de diabásios e lamprófiros, e são encontrados em todas as famílias de juntas com exceção da família F2, de direção NW.

A partir da identificação das direções e movimentações de juntas, é possível sugerir, baseando-se no esquema de Riedel de arranjo sinistral, que durante a colocação da maioria das juntas preenchidas ou não por diques, ocorreu compressão na direção NNE-SSW e distensão na direção SSE-WNW, com binário sinistral orientado segundo ENE-WSW, concordantes com os dados da literatura para a fase distensiva que foi responsável pela colocação de enxames de diques dos segmentos Santos-Rio de Janeiro e Florianópolis, no Cretáceo. Os diques estudados possuem a sua importância pois são o registro magmático ocorrido na margem continental brasileira da Plataforma Sul-Americana, com direta relação com a fragmentação do Supercontinente Gondwana e Oceano Atlântico Sul. Apesar de poucas fraturas indicarem sentido de movimentação que não encaixam no esquema de Riedel de arranjo sinistral, é recomendável um estudo mais aprofundado devido a possibilidade de haver outras fases de deformações que afetaram a região.

A complexidade geológica e o registro da reativação Wealdeniana pelos diques e juntas não preenchidas, que culminou com a abertura do Oceano Atlântico Sul e fragmentação do Gondwana, motivou não apenas o estudo de caráter tectônico, mas também a caracterização das estações estudadas para eventual possibilidade de apresentarem potencial de se tornarem geossítios para divulgação geocientífica, pois possuem forte apelo ao grande público, já que o tema de tectônica de placas é um assunto, dentro das disciplinas de geociências, muito abordado nas escolas primárias e secundárias. Para as estações E-01 e E-02, são necessárias a implantação de infraestrutura adequada para o recebimento de turistas. Para a estação E-01, por ser propriedade privada, recomenda-se negociações com o proprietário para eventuais abertura para visitações. Para a estação E-02, apesar de estar muito próxima da balsa e de praias muito frequentadas, não apresenta ainda infraestrutura adequada que dão acesso a este costão rochoso, havendo a possibilidade de conversação com a administração do município para implantação de acesso seguro aos turistas. A estação E-03, apresenta fácil e seguro acesso a partir da praia da Siriúba, além de apresentar uma pequena igreja histórica no local. Os afloramentos da estação E-04 apresentam infraestrutura implantada para recebimentos de turistas, por estarem situadas em propriedade particular, já utilizado para fins turísticos e no Parque Estadual de Ilhabela, com plano de manejo já implantado. Esta avaliação das estações estudadas possui caráter preliminar, servindo de base para projetos maiores de inventário do Patrimônio Geológico do Litoral Norte de São Paulo.

9. Referências Bibliográficas

Almeida F.F.M. de 1967. Origem e evolução da plataforma brasileira. Rio de Janeiro, DNPM-DGM, Boletim, 241, 36p.

Almeida F.F.M. de 1969. Diferenciação tectônica da plataforma Brasileira. In: SBG, Congr. Bras. Geol., 23, Salvador, 1969. Anais..., Salvador, p. 29-46.

Almeida F.F.M. de 1972. Tectono-magmatic activation of the South American Platform and associated mineralization. In: IUGS, Int. Geol. Congress., 24, Montreal, 1972. Actas..., Montreal, Section 3 – Tectonics, p.339-346.

Almeida F.F.M. de 1986. Distribuição regional e relações tectônicas do magmatismo pós-paleozóico no Brasil. Rev. Bras. Geoc., 16(4): 325-349.

Almeida F.F.M. de, Brito Neves, B.B. de, Carneiro, C.D.R. 1997. Origin and evolution of the South-American Platform. *Earth-Science Reviews* (submitted).

Almeida F.F.M. de, Carneiro C.D.R. 1989. The igneous record of the mesozoic activation of South American Platform. *Geotectonica et Metallogenia*, 13:308-325.

Almeida F.F.M. de, Carneiro C.D.R. 1998. Origem e evolução da Serra do Mar. Rev. Bras. Geoc., 28: 135-150.

Amaral G., Cordani U.G., Kawashita K., Reynolds J.H. 1966. Potassium-argon dates of basalts from Southern Brazil. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 30(2): 159-189

Anderson E.M. 1951. The dynamics of faulting and dykeformation with applications to Britain. Edinburgh, Oliver & Boyd, 206p.

Araújo C.C. de, Yamamoto J.K., Rostiolla S.P. 2004. Distribuição espacial e caracterização geológica dos arenitos asfálticos da borda leste da Bacia do Paraná no Estado de São Paulo. Rev. Bras. Geoc., 34(2): 187-200.

Asmus H.E., Guazelli W. 1981. Descrição sumária das estruturas da margem continental brasileira e das áreas oceânicas e continentais adjacentes - hipóteses sobre o tectonismo causador e implicações para os prognósticos de recursos minerais. In: *Estruturas e tectonismo da margem continental brasileira, e suas implicações nos processos sedimentares e na avaliação do potencial de recursos minerais*. Rio de Janeiro, PETROBRÁS/DNPM-CPRM/DHN/CNPq, Série Projeto Remac 9, p. 187-269.

Baer G., Heimann A. 1995. Physics and Chemistry of Dykes. In: III Third International Dyke Conference, Jerusalém, Israel, A. A. Balkema, p. 339.

Beach A. 1980. Numerical models of hydraulic fracturing and the interpretation of syntectonic veins. Journal of Structural Geology, vol. 2 (4), pp. 425-438.

Brilha J. B. R. 2005. Patrimônio Geológico e Geoconservação: a conservação da natureza na sua vertente geológica. Palimage Editora, 190p.

Cadman A., Tarney J., Park R.G. 1990. Intrusion and crystallization features in Proterozoic dyke swarms. 24 April, pp.679-687.

Carvalho C.N. 2005. Inventário dos gorrerrecursos, medidas de geoconservação e estratégias de promoção geoturística na região Naturtejo. Atas do Encontro Internacional sobre o Patrimônio Paleontológico, Geoconservação e Geoturismo. pp. 46-69.

Chevallier L., Verwoerd W. J. 1987. A dynamic interpretation of Tristan da Cunha volcano, South Atlantic Ocean. Jour. Volc. Geotherm. Res., 34: 35-49

Claudio L.T.K., Raposo M.I.B. 2007. Anisotropias e propriedades magnéticas das rochas aflorantes em Ilhabela (SP). In: 5º. Simpósio Internacional de Iniciação Científica da USP.

Corrêa-Gomes L.C., Tanner M.A.F, Leal L.R.B. 1988. Feições estruturais dos diques maficos – relações entre magmatismo fissural e as condições reológicas do meio. Anais XXXV, Congresso Brasileiro de Geologia, vol. 5, pp. 2217-2226.

Corrêa-Gomes L.C. 1992. Diques maficos: uma reflexão teórica sobre o tema e o seu uso no entendimento prático da geodinâmica fissural. Dissertação de Mestrado, Instituto de Geociências, Universidade Federal da Bahia, 196p.

Deckart K., Féraud G., Marques L.S., Bertrand H. 1998. New time constraint on dyke swarms related to the Paraná – Etendeka magmatic province, and subsequent South Atlantic opening, southeastern Brazil. Journal of Volcanology and Geothermal Research, 80: 67-83.

Dias Neto C.M., Correia C.T., Munha J.M.U., Tassinari C.C.G. 2008. Litoquímica dos granitóides ^{O corte das Dex nega} da estrutura em flor de São Sebastião, São Paulo. Geol. USP, Sér. Cient., 08: 101-114.

Emerman S. H., Marrett R. 1990. Why dikes? Geology, 18(3): 231–233.

Halls H.C. 1982. The Importance and Potencial of Mafic Dyke Swarms in the Studies of Geodynamics Processes. Geosc. Canada, 09:145-154.

Halls H.C., Fahrig W.F. 1987. Mafic Dyke Swarms. Geol. Assoc. Canada, Special Paper, 34:503p.

Hasui Y., Sadowski G.R. 1976. Evolução geológica do Pré-Cambriano na região sudeste do Estado de São Paulo. *Rev. Bras. De Geoc.*, 6(3):182-200.

Hennies W.T., Hasui Y., 1968. Geocronologia das rochas eruptivas alcalinas da Ilha de São Sebastião, SP. In: Congresso Brasileiro de Geologia, 22., Belo Horizonte. Atas...SBG, pp. 145-148.

Freitas R.O. 1947. Geologia e petrologia da Ilha de São Sebastião. Boletim Faculdade de Filosofia, Ciencias e Letras. Universidade de São Paulo. Série Geologia, n. 85, p.1-244.

Garda G.M. 1995. Diques básicos e ultrabásicos da região costeira entre as cidades de São Sebastião e Ubatuba, Estado de São Paulo. Tese de Doutorado, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, 156p.

Gudmundsson A. 1990. Emplacement of dikes, sills and crustal magma chambers at divergent plate boundaries. *Tectonophysics*. pp. 257-275.

Lawn B.R., Wilshaw T.R. 1975. Fracture of brittle solids. Cambridge Press University, 204p.

Lima F.F. 2008. Proposta metodológica para inventariação do Patrimônio Geológico Brasileiro. Dissertação de Mestrado, Universidade do Minho, 94p.

Malo G.K.M. 2007. Estudos magnéticos nos diques de São Sebastião, São Paulo (SP). Trabalho de Formatura, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, 40p.

Mello I.J.S. 2008. Anisotropias magnéticas, magnetismo de rocha e paleomagnetismo dos diques de Ubatuba (SP). Trabalho de Formatura, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, 38 p.

Nascimento M.A.L., Nesi, J.R., Cunha, E.M.S., Caprioglione, M.J. 2008. Minuta do Projeto Monumentos Geológicos do Rio Grande do Norte, CPRM-RN, 4p.

Parker A.J., Rickwood P.C., Tucker. D.H. 1990. Mafic dykes and emplacement mechanisms. In: 23, Inter. Geol. Correl. Prog., Project 257, .II Inter. Dyke Conf, Adelaide / South Austrália, A.A. Balkema/ Rotterdam/ Brookfield. Publ., 506p.

Pereira D., BRILHA J., DIAS G. 2008. Master's course on Geological Heritage and Geoconservation. European Geologist, No. 26, pp. 29-31.

Pollard D.D., Delaney P.T., Duffield W.A., Endo E.T., Okamura A.T. 1983. Surface deformation in volcanic rift zones. *Tectonophys.*, vol. 94, pp. 541-584.

Pollard D.D. 1987. Elementary fracture mechanics applied to the structured interpretation of dykes. In: H.C. Halls and W.F. Fahrig, eds., *Mafic Dyke Swarms. Special Paper 34 of the Geological Association of Canada*, pp. 5-24.

Ponçano W.L., Carneiro C.D.R., Bistrichi C.A., Almeida F.F.M.de, Prandini F.L. 1981. *Notícia Explicativa do Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo*. São Paulo, IPT, Monografias 5, 94p.

Raposo M.I.B. 2010. Magnetic Fabrics and Rock-magnetism Studies of Mesozoic Mafic Dike Swarms from Ilhabela Island (São Paulo state, Brazil): preliminary results. In: *AGU The Meeting of the Americas, 2010, Foz do Iguaçu. Abstracts -AGU The Meeting of the Americas. São Francisco, 2010*, p. 179.

Riccomini C. 1995. Padrão de fraturamentos do Maciço Alcalino de Cananéia, Estado de São Paulo: relações com a tectônica mesozóico-cenozóica do sudeste do Brasil. *Revista Brasileira de Geociências*, v. 15, pp. 79-84.

Rickwood P.C. 1990. The anatomy of a dyke and the determination of propagation and magma flow. In: Parker A.J., Rickwood P.C., Tucker D.H., *Mafic Dykes and Emplacement Mechanism*, p.81-100.

Rogers R.D., Bird D.K. 1987. Fracture propagation with emplacement at the Skaergaard intrusion, East Greenland. *Journal of Structural Geology*, vol. 9 (1), pp. 71-86.

Schobbenhaus 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.

Sharples C. 2002. Concepts and principles of geoconservation. Published electronically on the Tasmanian Parks & Wildlife Service web site. 3º ed.

Silva T. B., Riccomini C. 2005. O uso de corpos intrusivos como indicadores tectônicos: o enxame de diques Santos - Rio de Janeiro. In: 13 Simpósio Internacional de Iniciação Científica da USP, 2005, São Carlos, SP. Resumos 13 SIICUSP. São Paulo, SP : Universidade de São Paulo.

Sonoki I.K., Garda G.M. 1988. Idades K-Ar de rochas alcalinas do Brasil Meridional e Paraguai Oriental: compilacão e adaptação a novas constantes de decaimento. *Bol. IG-USP, Sér. Cient.*, 19: 63-85.

Turcotte D.L., Emerman S.H., Spence, D.A. 1987. Mechanics of dyke injection. In: Halls, H.C. and Fahrig, W.F., eds., *Mafic Dyke Swarms*, Geological Association of Canada Special Paper 34, pp. 25-30.

Turner S., Regelous M., Kelley S., Hawkesworth C., Mantovani M., 1994. Magmatism and continental break-up in the south Atlantic: high precision ^{40}Ar - ^{39}Ar geochronology. *Earth Planet. Sci. Letters*, 121: 333-348.

ANEXO

Metodologia de quantificação de geossítios da CPRM

A - Características Intrínsecas

- A1 - Abundância/Raridade
 - 5 - Só existe 1 exemplo na área de análise
 - 4 - Existem 2 a 4 exemplos
 - 3 - Existem 5 a 10 exemplos
 - 2 - Existem 11 a 20 exemplos
 - 1 - Existem mais de 20 exemplos
- A2 - Extensão
 - 5 - >100ha
 - 4 - 10 - 100ha
 - 3 - 1 - 10ha
 - 2 - 0,1 - 1ha
 - 1 - <0,1ha
- A3 - Grau de conhecimento científico
 - 5 - Contemplado em Tese de Doutorado ou Dissertação de Mestrado e capítulo de livro ou revista nacional ou estrangeira
 - 4 - Contemplado em artigo de revista nacional ou estrangeira ou capítulo de livro
 - 3 - Contemplado em Tese de Doutorado ou Dissertação de Mestrado
 - 2 - Contemplado apenas por mapeamentos regionais
 - 1 - Não existe qualquer referência ou trabalho
- A4 - Representatividade na ilustração de modelos, processos ou unidades geológicas (local tipo)
 - 5 - Muito útil
 - 3 - Moderadamente útil
 - 1 - Pouco útil
- A5 - Diversidade de elementos de interesse
 - 5 - Cinco ou mais tipos de interesse

4 - Quatro tipos de interesse

3 - Três tipos de interesse

2 - Dois tipos de interesse

1 - Um tipo de interesse

- A6 - Localidade-tipo

5 - É reconhecido como localidade-tipo na área em análise

3 - É reconhecido como localidade-tipo "secundário"

1 - Não é reconhecido como localidade-tipo

- A7 - Associação com elementos culturais

5 - Existem no local ou nas suas imediações evidências de interesse arqueológico e de outros tipos

4 - Existem evidências arqueológicas e de algum outro tipo

3 - Existem vestígios arqueológicos

2 - Existem elementos de interesse não arqueológico

1 - Não existem outros elementos de interesse

- A8 - Associação com elementos naturais

5 - Fauna e flora notáveis pela sua abundância, grau de desenvolvimento ou presença de espécies de especial interesse

3 - Presença de fauna ou flora de interesse moderado

1 - Ausência de outros elementos naturais de interesse

- A9 - Estado de conservação

5 - Perfeitamente conservado, sem evidências de deterioração

4 - Alguma deterioração

3 - Existem escavações, acumulações ou construções, mas que não impedem a observação das suas características essenciais

2 - Existem numerosas escavações, acumulações ou construções que deterioraram as características de interesse do geossítio

1 - Fortemente deteriorado

B - Uso Potencial

- B1 - Possibilidade de realizar as atividades propostas
 - 5 - É possível realizar atividades científicas e pedagógicas
 - 3 - É possível realizar atividades científicas ou pedagógicas
 - 1 - É possível realizar outros tipos de atividades
- B2 - Condições de Observação
 - 5 - Ótimas
 - 3 - Razoáveis
 - 1 – Deficientes
- B3 - Possibilidade de coleta de materiais
 - 5 - Possibilidade de coleta de amostras de rochas e minerais, sem danificar o geossítio
 - 4 - Possibilidade de coleta de amostras de rochas ou minerais, sem danificar o geossítio
 - 3 - Possibilidade de coleta de algum tipo de objeto, porém com restrições
 - 2 - Possibilidade de coleta de algum tipo de objeto, embora em prejuízo do geossítio
 - 1 - Não se pode colher amostras
- B4 - Acessibilidade
 - 5 - Acesso direto a partir de estradas asfaltadas
 - 4 - Acesso a partir de estradas secundárias
 - 3 - Acesso a partir de estradas não asfaltadas, mas facilmente transitáveis por automóveis
 - 2 - Localizado a menos de 1km de estradas utilizáveis por automóveis
 - 1 - Localizado a mais de 1km de estradas utilizáveis por automóveis
- B5 - Proximidade de povoações
 - 5 - Existe uma povoação com mais de 10.000 habitantes, e com oferta hoteleira variada a menos de 5km
 - 4 - Existe uma povoação com menos de 10.000 habitantes, com oferta hoteleira limitada, a menos de 5km
 - 3 - Existe uma povoação com oferta hoteleira entre 5 e 20km de distância

- 2 - Existe uma povoação com oferta hoteleira entre 20 e 40km de distância
- 1 - Só existe uma povoação com oferta hoteleira a mais de 40km
- B6 - População a ser beneficiada com a utilização/divulgação do geossítio
 - 5 - Mais de 50.000 habitantes em um raio de 25km
 - 4 - 25.000 a 50.000 habitantes em um raio de 25km
 - 3 - 10.000 a 25.000 habitantes em um raio de 25km
 - 2 - 5.000 a 10.000 habitantes em um raio de 25km
 - 10- > 5.000 habitantes em um raio de 25km
- B7 - Condições sócio-económicas
 - 5 - Níveis do Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) da área são superiores à média estadual
 - 3 - Níveis do Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) da área são equivalentes à média estadual
 - 1 - Níveis do Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) são inferiores à média estadual

C - Necessidade de Proteção

- C1 - Ameaças atuais ou potenciais
 - 5 - Zona protegida ou rural, não sujeita a desenvolvimento urbanístico ou industrial, nem a construção de infra-estruturas em futuro próximo
 - 3 - Zona de caráter intermediário, não estando previstos desenvolvimentos concretos, mas que apresenta possibilidade em um futuro próximo
 - 1 - Zona incluída em área de forte expansão urbana ou industrial, ou locais onde está prevista a construção de infra-estrutura
- C2 - Situação atual
 - 5 - Geossítio sem qualquer tipo de proteção legal
 - 3 - Geossítio incluído em área de proteção legal (Parque/APA)
 - 1 - Geossítio incluído em unidade de conservação já implantada

- C3 - Interesse para exploração mineral
 - 5 - Zona sem qualquer tipo de interesse mineiro
 - 4 - Zona com indícios minerais de interesse
 - 3 - Zona com reservas importantes, embora não esteja prevista sua exploração imediata
 - 2 - Zona com reservas importantes, sendo permitida sua exploração
 - 1 - Zona com grande interesse mineiro e com concessões ativas
- C4 - Valor dos terrenos
 - 5 - Terrenos públicos (Unidades de Conservação)
 - 4 - Baixo valor (< R\$10/m²)
 - 3 - Valor moderado (R\$10 a R\$50/m²)
 - 2 - Valor alto (R\$50 a R\$100/m²)
 - 1 - Terreno com valor agregado: situado próximo dos núcleos urbanos e com infra-estrutura instalada (> R\$100/m²)
- C5 - Regime de propriedade
 - 5 - Terreno predominantemente pertencente ao Estado
 - 4 - Terreno predominantemente de propriedade municipal
 - 3 - Terreno parcialmente público e privado
 - 2 - Terreno privado pertencente a um só proprietário
 - 1 - Terreno privado pertencente a vários proprietários
- C6 - Fragilidade
 - 5 - Feições geomorfológicas que, pelas suas grandes dimensões, relevo, etc., são dificilmente afetadas de modo relevante, pelas atividades humanas
 - 4 - Grandes estruturas geológicas ou sucessões estratigráficas de dimensões quilométricas que, embora possam degradar-se por grandes intervenções humanas, a sua destruição é pouco provável
 - 3 - Feições de dimensão hectométrica que podem ser destruídas em grande parte por intervenções não muito intensas
 - 2 - Feições estruturais, formações sedimentares ou rochosas de dimensões decamétricas, que podem ser facilmente destruídas por intervenções humanas pouco expressivas
 - 1 - Feições de dimensão métrica, que podem ser destruídas por pequenas intervenções, ou jazidas minerais, ou paleontológicas, de fácil depreciação

Critérios de relevância dos geossítios:

a) Geossítios de relevância internacional: A1; A3; A9 simultaneamente maior ou igual a 4 e A6; B1; B2 igual a 5

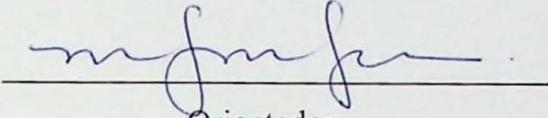
b) Geossítios de relevância nacional: A1; A6; A9; B1; B2 simultaneamente maior ou igual a 3 e A3 maior ou igual a 4

Quantificação específica = $(2A + B + 1.5C) / 3$

c) Geossítios de relevância regional: Não obedecem aos critérios referidos acima

Quantificação geral = $(A + B + C) / 3$

De acordo:

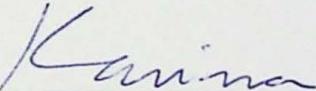


Orientadora

Profª. Drª. Maria da Glória Motta Garcia

Coorientadora

Profª. Drª. Maria Irene Bartolomeu Raposo



Aluna

Karina Kawai Higa

