

# **GEOLOGIA DE UMA PORÇÃO DO COMPLEXO VULCÂNICO DE NOVA IGUAÇU LIMÍTROFE À ÁREA DE LAVRA DA PEDREIRA VIGNÉ, NOVA IGUAÇU, RJ**

## **TERMO DE COMPROMISSO DE AJUSTAMENTO DE CONDUTA Relatório Final (versão texto)**

### **COORDENADORES:**

*Dr. Sérgio de Castro Valente*

*Departamento de Geociências - Instituto de Agronomia  
Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ)*

*Dr. Edson Farias Mello*

*Departamento de Geologia - Instituto de Geociências  
Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ)*

*Dra. Nely Palermo*

*Faculdade de Geologia  
Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ)*

**Rio de Janeiro, Setembro de 2005**

ANEXO I: Mapa geológico da área de estudo (1:10.000) (impresso).

ANEXO II: Mapa geológico da área de estudo (1:10.000) (digital).

ANEXO III: Banco de dados geológicos MSACCESS.

ANEXO IV: Critérios e conceitos petrográficos adotados no projeto.

ANEXO V: Mapa geológico da área de lavra da Pedreira Vigné Ltda. (impresso).

### **Introdução**

Na etapa pré-campo e compilação de dados foram utilizadas imagens de satélite Landsat TM 7, fotografias aéreas (Foto n° 11-153, Aerocarta, julho/2003 da Fundação Cide) e cartas topográficas integradas na escala 1:10.000 para a elaboração de um mapa geológico preliminar da área de estudo. Além disso, foram compilados dados geológicos, disponíveis na literatura relacionados ao Maciço Marapicu-Gericinó-Mendanha e ao Complexo Vulcânico de Nova Iguaçu. Toda base de dados foi georreferenciada, integrada e avaliada em ambiente SIG, sendo utilizado o *software* ArcGis 8.3, sob licença do Departamento de Geologia da UFRJ.

O mapa preliminar foi utilizado na etapa de campo para fazer o trabalho de mapeamento geológico na escala de 1:10.000. Este trabalho foi acompanhado de coleta de amostras representativas, localização exata do afloramento (com uso de GPS), descrição (p.ex.: litotipos, tipos de rochas encaixantes e presença ou ausência de xenólitos e/ou nódulos) e medidas (p.ex.: espessura, orientação e possíveis estruturas de fluxo). O trabalho foi iniciado com três perfis de reconhecimento da área, com toda a equipe, seguido de 40 dias de campo, sempre com pelo menos 4 componentes da equipe do projeto, além de um motorista. Todos os dados de campo foram, então, transferidos para o banco de dados geológicos do projeto.

A etapa de laboratório envolveu a preparação das amostras para as análises. Assim, rochas inalteradas foram selecionadas para laminação e preparação das lâminas petrográficas nos laboratórios de preparação de amostras da Faculdade de Geologia da UERJ, do Departamento de Geologia da UFRJ e do Departamento de Geociências da UFRRJ. Todas as amostras inalteradas coletadas no campo foram, portanto, laminadas e polidas para análise petrográfica convencional (microscópio de luz polarizada). As lâminas (cerca de 120) e seções polidas (cerca de 20% do

total de lâminas) foram descritas sob microscópio de luz transmitida e refletida com classificação petrográfica das rochas. Além disso, assembléias de fenocristais foram identificadas e quantificadas e microtexturas e estruturas descritas. O estudo minerográfico serviu à identificação das fases opacas e de suas mútuas relações texturais.

A etapa de gabinete incluiu a análise de dados, elaboração de relatórios e mapas. Dois formatos do mapa geológico foram produzidos, sendo um impresso e outro digital. Este último foi gerado no *software* ArcGis 8.3 referido acima. O ArcGis inclui ferramentas analíticas que foram utilizadas nas fases de formatação e interpretação dos dados, tais como cálculos de áreas de exposição de unidades mapeadas e visualização 3D. O *software* também permitiu a associação do banco de dados geológicos. Este último foi elaborado em formato MSACCESS e pode ser consultado também independentemente do mapa em base ArcGis.

O projeto resultou nos seguintes produtos:

1. Mapa geológico (litológico e estrutural) em escala de detalhe (1:10.000) georeferenciado e associado a banco de dados.
2. Acervo petrográfico e de lâminas de cerca de 120 amostras.
3. Acervo iconográfico (cartas, fotografias e fotomicrografias).
4. Relatório final.

Os resultados deste relatório final deverão ser divulgados num seminário em data ainda a ser estabelecida pelas partes envolvidas no TAC.

Os objetivos do projeto foram cumpridos e são suficientes para responder às seguintes questões fundamentais relacionadas ao TAC:

1. Existe algum corpo vulcânico delimitado na porção aflorante da área de concessão?
2. No caso de uma resposta afirmativa para a pergunta 1: este corpo possui constituição de algum modo singular que o caracterize como um patrimônio geológico a ser preservado, conforme as definições propostas pela UNESCO, qual seja, os **Patrimônios Naturais** são considerados monumentos constituídos por formações físicas, biológicas, geológicas e fisiográficas, assim como as áreas que constituem o *habitat* de espécies vegetais e animais ameaçados de extinção e os lugares ou regiões naturais estritamente delimitadas, que tenham valor universal excepcional do ponto de vista da ciência, da conservação ou da beleza natural (Convenção para a Proteção do Patrimônio Mundial Cultural e Natural, UNESCO, 1972, Paris). A definição de **Patrimônio Geológico** pressupõe preservação, conservação e proteção de afloramentos únicos, seções de formações geológicas, sítios paleontológicos, estilos de deformação, dentre

9

outros, de indubitável valor científico e singularidade. São exemplos didáticos e testemunhos da história geológica, indispensáveis para a difusão e socialização do conhecimento em geral. O patrimônio geológico é um bem comum, de características não renováveis e que exige um programa de gestão científica para sua preservação.

3. No caso de uma resposta afirmativa para a pergunta 2: a preservação deste patrimônio implica: *a)* a interrupção da atividade mineradora; *b)* o redimensionamento do atual plano de lavra; *c)* a manutenção do atual plano de lavra?

Todas estas questões serão discutidas no capítulo final deste relatório.

## 2. REVISÃO TEMÁTICA

### 2.1. Contexto geodinâmico

As estruturas tectônicas do Segmento Central da Faixa Ribeira de idade Neoproterozóica são cortadas por complexos alcalinos do lineamento Poços de Caldas-Cabo Frio de direção WNW-ESE. Este lineamento é caracterizado por 26 corpos de rochas alcalinas intrusivas (sob formas de *stocks* e *plugs*), 5 ocorrências de rochas efusivas, além de numerosos diques. As idades desse magmatismo variam de 84-49 Ma (métodos K-Ar e Rb-Sr) desde Poços de Calda até Cabo Frio, sendo a maior parte desses corpos situados entre os Maciços de Itatiaia-Passa Quatro e o Morro de São João (Casimiro de Abreu) (Almeida, 1991).

As principais associações de rochas nos complexos alcalinos do lineamento Poços de Caldas-Cabo Frio são (Ulbrich & Gomes, 1981):

1. Sienitos saturados a insaturados (frequentemente associados com traquitos e fonolitos), como ocorre em Cabo Frio, Itaúna, Ilha de Vitória, Lages, Mendanha, Morro de São João e Tinguá (todas suítes miaskíticas);

2. Associações sieníticas insaturadas, enriquecidas em elementos incompatíveis, com nefelina sienitos, como ocorre em Poços de Caldas e no Maciço Marapicu-Gericinó-Mendanha (suítes agpaíticas); e

3. Associações alcaligranito/alcalisienito, com rochas saturadas a levemente insaturadas, como ocorre em Itatiaia e Passa Quatro.

Três modelos geodinâmicos principais têm sido utilizados para explicar o magmatismo alcalino do Cretáceo Superior na porção meridional da Plataforma Sul-Americana (Fainstein & Summerheys, 1982; Almeida, 1991; Thompson *et al.*, 1998; Thomaz Filho *et al.*, 2000):

1. Reativação de falhas fundamentais (ou transformes continentais);

2. Atividade de *hotspots*; e

3. Combinação dos dois modelos anteriores.

O princípio de reativação de falhas fundamentais ou transformes continentais está diretamente associado ao subparalelismo de lineamentos continentais e oceânicos observado na margem passiva Atlântica da Plataforma Sul-Americana (p.ex.: Gorini & Bryan, 1976; Mascle, 1976). Esses estudos tentam demonstrar que várias feições lineares oceânicas têm continuidade no continente formando grandes lineamentos que se estendem por grandes áreas. Processos de ressurgência magmática têm sido atribuídos à reativação ao longo destes lineamentos continentais, interpretados como transformes ou falhas fundamentais, em geral como consequência de mudanças do pólo de rotação da placa Sul-Americana no Cretáceo e Terciário. Essas falhas fundamentais são interpretadas como linhas de fraqueza ancestrais que originaram a Cordilheira Meso-Oceânica, assim como o sistema de falhas das bacias de *rift* do sudeste Brasileiro.

O modelo de magmatismo associado a plumas e *hotspots* (p.ex.: Gibson *et al.*, 1995) propõe que a atividade alcalina do Cretáceo Superior no sudeste do Brasil pode ter sido causada pelo impacto de uma pluma (Trindade-Martim Vaz) na base da litosfera continental. A pluma teria transferido calor à litosfera por condução e advecção, com consequente fusão de parte do manto litosférico. Esse processo teria resultado nos grandes lineamentos magmáticos que se estendem pelo sudeste Brasileiro, tal como o Alinhamento Magmático de Cabo Frio (Almeida, 1991), que inclui o Maciço Marapicu-Gericinó-Mendanha.

Um terceiro modelo tenta associar a reativação de falhas com a presença de uma anomalia térmica (tipo pluma) no sudeste brasileiro no Cretáceo Superior (Fainstein & Summerheys, 1982; Thomaz Filho *et al.*, 2000). Este modelo conciliatório explica a atividade magmática relacionada ao Alinhamento Poços de Caldas-Cabo Frio como uma resposta a uma anomalia térmica mantélica posicionada nas proximidades da cadeia de Vitória-Trindade até o

Eoceno. A justaposição desta zona de fraqueza, causada pela reorganização global de placas, próxima a uma anomalia térmica, pode ter resultado em centros vulcânicos que estão agora cobertos pelo Banco de Abrolhos. Estes vulcões formariam os *seaward edges* das bacias marginais do Brasil.

## 2.2. O Maciço Marapicu-Gericinó-Mendanha

O Maciço Marapicu-Gericinó-Mendanha destaca-se dentre outras províncias alcalinas na Plataforma Sul-Americana por incluir litotipos plutônicos, sub-vulcânicos (majoritariamente diques) e vulcânicos, estes últimos raramente presentes naquelas províncias (Ulbrich & Gomes, 1981). Ele está inserido no denominado *Rift* da Guanabara, uma estrutura semi-gabren, de aproximadamente 120 x 30 Km, com orientação geral ENE e mergulho para SE (Almeida, 1976). O *Rift* da Guanabara integra a Serra do Mar, feição fisiográfica de destaque no sudeste do Brasil que se estende ao longo da costa entre as latitudes 28°S e 22°S, com altitude média de 900 m e máxima de cerca de 2400 m. Dois eventos de soerguimento do embasamento Pré-cambriano foram identificados na Serra do Mar a partir de estudos de traço de fissão em apatitas (c. 124 Ma; c. 85 Ma), possivelmente associados a processos de soerguimento mantélico (Fonseca & Poupeau; 1984). Almeida (1976) propôs que o *Rift* da Guanabara foi criado durante o Paleoceno Inferior e Ferrari (1990) sugeriu que até 3 km de deslocamento vertical entre blocos pode ter ocorrido no *rift*, com cerca de 4 Km de rochas tendo sido erodidas entre 72 e 42 Ma.

As suítes alcalinas no Brasil ocorrem ao longo de dois grandes lineamentos magmáticos, de direção NW-SE e NE-SW, na Plataforma Sul-Americana (Ulbrich & Gomes, 1981). Parte do primeiro lineamento compreende o assim denominado Alinhamento Magma Poços de Caldas - Cabo Frio, no qual se insere o Maciço Marapicu-Gericinó-Mendanha de idade Cretácea Superior (c.a. 72 Ma; Sonoki & Garda, 1988). O maciço, portanto, é parte de um grupo mais jovem (80-53 Ma; K/Ar em rocha total e minerais) de complexos alcalinos que ocorre no sudeste do Brasil (Ulbrich & Gomes, *op.cit.*).

O Maciço Marapicu-Gericinó-Mendanha tem forma de facólito e encontra-se encaixado na concavidade de uma dobra dos gnaisses que ocorrem no município do Rio de Janeiro e Baixada Fluminense, estruturada segundo uma mega-anticlinal com o flanco ocidental de direção NE e o flanco oriental de direção NNW (Helmbold *et al.*, 1965). O maciço inclui, em sua porção setentrional, o Complexo Vulcânico de Nova Iguaçu.

O maciço alcalino Marapicu-Gericinó-Mendanha tem aproximadamente 3 Km de largura na sua parte central e cerca de 10 Km de comprimento, com mergulho NW. Ele é um plúton mineralogicamente zonado, com granulação grossa no centro e traquitóide, com maior quantidade de feldspatos na moda, minerais máficos e possivelmente também nefelina em direção a sua borda (Klein & Montalvano, 1985). O predominantemente sienítica insaturada composta por foiaítos, tinguaitos e nefelina sienitos (Ferreira *et al.*, 1965; Helmbold, 1967, 1968). Há duas estruturas vulcânicas associadas com a suíte plutônica, quais sejam: 1) O vulcão de Nova Iguaçu, que pode ser descrita como um conduto de aproximadamente 2 Km de diâmetro compreendendo essencialmente um aglomerado central, com bombas, tufos e *lapilli* abundantes (Klein & Vieira, 1980a,b; Klein, 1993); e 2) A chaminé do Lamego, caracterizado por um conduto relativamente menor formado por tufos soldados de composição predominantemente traquítica, bem como brechas vulcânicas (Klein *et al.*, 1984). Juntas, estas duas estruturas formam o assim denominado Complexo Vulcânico de Nova Iguaçu (Klein, *op.cit.*).

Diques brechados estão associados a ambas estruturas vulcânicas. Eles são traquíticos e têm fragmentos angulares a subangulares de granulometria variando de alguns pouco centímetros

até cerca de um metro. A colocação das brechas pode ser descrita como rápida e explosiva, possivelmente controlado por gases quentes ascendentes com fragmentos em suspensão (fluidização), resultante do acúmulo em câmaras magmáticas rasas (Klein & Valença, 1984b). Depósitos não econômicos de barita e bauxita foram descritos no maciço (Menezes & Klein, 1973; Sigolo & Klein, 1987) e, mais recentemente, os seus depósitos hidrotermais têm merecido estudo mais detalhado (Pires & Miano, 1999).

### **2.3. O Complexo Vulcânico de Nova Iguaçu**

O Complexo Vulcânico de Nova Iguaçu (Klein, 1993) está localizado nos municípios de Nova Iguaçu, Mesquita, Nilópolis e Rio de Janeiro, e possui cotas máximas em torno de 800 m. As rochas deste complexo incluem traquitos, sienitos, brechas, aglomerados e lapillitos, além de diques de rochas alcalinas do Cretáceo Superior (contemporâneos ao magmatismo alcalino) de lamprófiros, álcali-basaltos, fonolitos e traquitos que constituem a série alcalina do Enxame de Diques da Serra do Mar na área do Rio de Janeiro (Klein, 1993; Valente *et al.*, 1997;1998; 2002).

De acordo com Klein (1993) o Complexo Vulcânico de Nova Iguaçu compreende duas chaminés vulcânicas, sendo a primeira conhecida como Chaminé do Lamego (pouco estudada) situada a sudoeste do Complexo Vulcânico, e a segunda, mais a norte reconhecida como o Vulcão de Nova Iguaçu. As duas estruturas vulcânicas são circundadas por sienitos e microsienitos porfiríticos, tendo blocos de sienito formando a chaminé, além de brecha piroclástica na parte mais externa, e aglomerado no centro. As principais diferenças entre as duas estruturas vulcânicas são a forma e dimensões, sendo o Vulcão de Nova Iguaçu bem maior, com sua cratera em forma de cone com diâmetro de 700 metros, constituído por depósitos de brechas piroclásticas em forma de ferradura com concavidade voltada para leste. Sobre estas brechas encontra-se um depósito de aglomerado vulcânico. De acordo com Klein (1993), os litotipos presentes no complexo incluem:

1. Aglomerado: aparece capeando as porções mais elevadas de brechas finas. A estrutura é do tipo suportada pela matriz e os blocos apresentam-se bem arredondados, vesiculados e com cerca de 20 cm de diâmetro. A rocha é composta por grandes blocos e bombas, principalmente de microsienito porfirítico e traquito, que representam o último evento eruptivo;

2. Ignimbritos: ocorrem principalmente na Chaminé do Lamego e são oriundos de fluxos piroclásticos caracterizados por suspensão fluidizada, composta por partículas e gases formando uma emulsão em alta temperatura;

3. Brecha deformada: representa uma cunha, em forma de quarto crescente, com concavidade voltada para sudeste. Faz contato com gnaiss, que é a rocha encaixante da região, e atravessa o sienito, passando entre o microsienito e a brecha piroclástica. Ao longo da encosta apresentam diversos graus de deformação. A orientação dos blocos de gnaiss não obedece a foliação dos mesmos, podendo ser paralelas, inclinadas ou perpendiculares entre si;

4. Brecha não deformada: limita-se ao norte pelo sienito e a brecha piroclástica vesiculada, a leste pelos gnaisses, e a sudeste uma falha a separa do microsienito porfirítico e da brecha piroclástica vesiculada. Inclui blocos poligonais de gnaisses e migmatitos que apresentam suas xistosidades e foliações com diversas orientações. As dimensões desses blocos variam de 1m a 2m de lado. Os pequenos espaços entre esses blocos são preenchidos por fragmentos resultantes do processo abrasivo do ajuste entre os blocos. Os tipos petrográficos são de gnaisses claros, bandados, migmatitos, granito, basalto e traquito. Esta brecha é ainda cortada por diques de traquito;

5. Brechas piroclásticas: estes depósitos apresentam uma assimetria na distribuição, mas geralmente são observados entre as cotas de 150-450m. Os tipos de granulometria mais fina são observados próximos da cratera (área do aglomerado) enquanto os mais grossos e vesiculados constituem os depósitos mais distais. Essas brechas aparecem suportadas por clastos, matriz ou por matriz e clastos. Estas são monolitológicas, constituídas de piroclastos vesiculados ou não, variando entre cinza grossa, *lapilli* e blocos. Os depósitos denotam pouco intemperismo químico, com os piroclastos de cor cinza ou amarelados;

6. Microsienito porfirítico (traquito): rocha geralmente porfirítica, mas com variações granulométricas, e matriz geralmente afanítica ou microfanerítica. Os fenocristais podem estar agrupados exibindo textura glomeroporfirítica. A relação matriz/fenocristais decresce à medida que se afasta da interface com o sienito. A mineralogia essencial é composta por álcali-feldspato e plagioclásio; e

7. Sienito: rocha com textura fanerítica e granulação grossa, predominante é hipidiomórfica, equigranular com arranjo traquitóide de ripas de feldspato. Como composição mineralógica essencial inclui feldspato alcalino, com minerais máficos e/ou opacos como minerais acessórios. Os minerais máficos geralmente estão alterados. A passagem de sienito para microsienito porfirítico (traquito) é gradativa.

### **3. GEOLOGIA DA ÁREA DE ESTUDO**

#### **3.1. Introdução**

O presente estudo consistiu do mapeamento geológico na escala 1:10.000 de parte do Vulcão de Nova Iguaçu, numa área de cerca de 8,4Km<sup>2</sup>, abrangendo a Pedreira Vigné e adjacências (Anexos I e II).

As rochas mapeadas incluem gnaisses, sienitos, traquitos, brechas, lapilitos e aglomerados, além de intrusões tabulares variadas (lamprófiros, álcali-basaltos, fonolitos e traquitos). Estes últimos constituem a série alcalina do Enxame de Diques da Serra do Mar na área do Estado do Rio de Janeiro (Valente *et al.*, 1997, 1998, 2002). Alguns destes litotipos são isotrópicos, isto é, destituídos de estruturas. No entanto, diferentes tipos de estruturas, desde primárias (p.ex.: fluxo) até de deformação (p.ex.: bandamento gnáissico) foram encontradas em alguns dos litotipos mapeados. As estruturas mais freqüentes que afetam as rochas da área de estudo são do tipo rúptil, sendo representadas principalmente por fraturas com diferentes dimensões e atitudes.

Os dados geológicos de campo (petrológicos e estruturais) obtidos durante a campanha de mapeamento serão detalhados a seguir. Todos os dados coletados foram inseridos num banco de dados MSACCESS (Anexo III). Os critérios petrográficos adotados durante os trabalhos de campo e petrográficos são apresentados no Anexo IV.

#### **3.2. Aspectos de campo e litoestratigrafia**

Gnaisses regionais são as rochas encaixantes encontradas na área, tanto no caso dos sienitos quanto de alguns dos litotipos vulcânicos mapeados.

Sienitos são os principais litotipos plutônicos encontrados na área, onde também ocorrem rochas vulcânicas, tanto associadas a derrames quanto à emissões piroclásticas.

As rochas piroclásticas encontradas na área de estudo representam o foco do projeto. Elas distribuem-se em forma de meia-lua com concavidade voltada para nordeste (Anexos I e II) e encontram-se encaixadas nos sienitos e gnaisses, sendo estes últimos reconhecidos como integrantes do embasamento Proterozóico aflorante em escala regional (Heilbron *et al.*, 2000).

Todo este conjunto está cortado por inúmeros diques de traquito afanítico e porfirítico, além de lamprófiros e basaltos alcalinos menos frequentemente.

As observações em afloramento permitiram determinar a distribuição vertical dos litotipos vulcânicos, indicando uma sucessão deposicional, representada, da base para o topo, por traquitos porfiríticos, brechas piroclásticas, lapilitos e aglomerados.

Como resultado, os derrames de traquitos encontram-se representadas em planta com formas irregulares, distinguindo-se claramente das feições semi-circulares das demais rochas vulcânicas, constituindo verdadeiras janelas erosivas (Anexos I e II). As feições circulares relacionadas à disposição das rochas piroclásticas em planta estão em sintonia com as feições circulares observadas em fotografias aéreas e representadas no mapa geológico (Anexos I e II).

As unidades de mapeamento serão descritas a seguir.

#### **A. Unidade encaixante: ortognaisses**

A unidade encaixante (Anexos I e II) é constituída por ortognaisses que ocorrem na porção oeste da área estudada, correspondendo a 1,4 Km<sup>2</sup> ou 16 % da superfície mapeada. Eles mantêm contatos com os sienitos ao sul e ao norte, e com as brechas piroclásticas a leste. Nesta unidade foram identificados gnaisses com dois tipos texturais distintos. Uma fácies é representada por ortognaisses de composição granítica, bastante deformados e caracterizados por bandamento conspicuo, onde intercalam-se bandas félsicas, que contêm quartzo e feldspato de granulometria variando de fina a grossa (1-4 mm), e bandas máficas, que contêm principalmente biotita com granulometria variando de média a grossa (2-4 mm).

A outra fácies é representada por um ortognaisse granítico equigranular fino com cristais de feldspato preferencialmente orientados, preservando, contudo, a sua forma tabular. Xenólitos do ortognaisse bandado no ortognaisse granítico são frequentemente observados. Ambas as fácies são cortadas por aplitos e diques de traquito afanítico.

#### **B. Unidade plutônica: sienitos indiferenciados**

A unidade plutônica sienitos indiferenciados (Anexos I e II) ocorre a norte, sudeste e sudoeste da área e representa cerca de 3,1 Km<sup>2</sup> ou 36% das rochas aflorantes.

As rochas desta unidade mantêm contatos com aquelas das unidades brechas oligomíticas e traquitos. A unidade plutônica sienitos indiferenciados inclui litotipos de diferentes texturas, desde de finos a grossos, sendo tanto inequigranulares quanto equigranulares.

Essas diferenças texturais, aliadas à diferenças de composição mineral menos marcantes, foram a base para a discriminação de seis fácies dentro desta unidade de mapeamento. Três fácies de sienitos inequigranulares podem ser caracterizadas, de modo geral, pela sua textura porfirítica com fenocristais euédricos a subédricos de feldspato potássico, com dimensões médias de 2,0 cm, imersos em uma matriz de granulometria de fina a média (< 1,0-2,0 mm). As três fácies de sienitos porfiríticos foram denominadas de pórfiro álcali-sienito, sienito porfirítico fino e álcali-sienito porfirítico. Outras três fácies de sienitos equigranulares também puderam ser discriminadas em base petrográfica. Elas são geralmente grossa e constituídas por minerais com dimensões médias maiores que 3,0 mm. Essas fácies foram denominadas sienito médio, biotita-sienito grosso e álcali-sienito grosso. Sienitos de uma determinada fácies são englobados por sienitos de outras fácies constituindo enclaves com dimensões desde 1,0 cm até alguns poucos metros, exibindo formas arredondadas, subangulosas a angulosas. Estes enclaves são distribuídos aleatoriamente sem nenhuma orientação preferencial, indicando que essas rochas já se

encontravam em elevado estado de cristalização quando foram incorporadas por suas hospedeiras.

Em geral, os dois tipos texturais de sienitos (equigranulares e inequigranulares) na área de estudo apresentam características mineralógicas semelhantes, sendo compostos essencialmente por feldspatos alcalinos, biotita, anfibólio e piroxênio. Grãos de pirita e fluorita aparecem disseminados na matriz. Em outros casos, a pirita e fluorita foram remobilizados, juntamente com sílica livre, para zonas de fraturas ou cavidades miarolíticas.

Sistemas múltiplos de fraturas são freqüentemente observados nas rochas que integram a unidade plutônica sienitos indiferenciados. Estas estruturas imprimem à rocha uma feição semelhante a *network* que isola fragmentos decimétricos de sienito. Aporte de líquido traquítico também é observado ao longo dessas fraturas e todo esse conjunto constitui feições semelhantes a brechas magmáticas.

A continuidade desse esforço, simultaneamente ao influxo contínuo de líquido, poderia ter promovido o desenvolvimento de uma série de diques que cortam as rochas das fácies sieníticas, em torno dos quais estão associadas largas zonas de alteração hidrotermal.

Aspectos similares aos acima descritos são reportados na literatura para descrever brechas não intrusivas de conduto (p. ex. Ulbrich, 1986). Essas brechas são constituídas essencialmente por fragmentos angulosos das rochas encaixantes de edifícios vulcânicos. Elas são caracterizadas pela ausência ou pequeno volume de matriz, sendo cimentadas por quartzo com vários outros minerais (p.ex.: turmalina, sulfetos ou fluorita), fenômenos esses responsáveis pelo desenvolvimento de mineralizações importantes, tais como os depósitos de Cu-pórfiro em rochas andinas (Westra & Keith, 1981). Em geral, essas brechas passam gradativa ou bruscamente para as rochas encaixantes e localizam-se nas partes mais externas de condutos vulcânicos e sua expressão em mapa tem sido utilizada para identificar esse tipo de estrutura.

### **C. Unidade hipabissal: intrusões tabulares**

Os litotipos da unidade encaixante, plutônica e vulcânica (descrita num item a seguir) são cortados por intrusões tabulares inseridas no mapa geológico como representantes da unidade hipabissal. Os litotipos são traquitos afíricos, traquitos porfiríticos e lamprófiros

As intrusões tabulares de traquitos afíricos são representadas por rochas holohialinas, geralmente devitrificadas, equigranulares. Há núcleos vítreos de até dois milímetros e cristais de álcali-feldspato oriundos da devitrificação da mesma, gerando uma textura esferulítica. A rocha possui granulação de fina a média (<1-1 mm). A relação vidro/devitrificação é 5:95%.

As intrusões tabulares de traquitos porfiríticos caracterizam-se por serem constituídas por rochas inequigranulares porfiríticas. A matriz varia de holohialina, com estágios de devitrificação avançados, a holocristalina, exibindo também textura traquítica caótica nesta última a granulação da matriz varia de fina a média (<1-1,5 mm). Como composição mineralógica possui: alcali-feldspato e minerais opacos, e limonita como mineral secundário. Em algumas intrusões tabulares a biotita pode ocorrer como mineral essencial, assim como o plagioclásio pode ocorrer como mineral acessório. Os fenocristais são essencialmente de álcali-feldspato e a rocha possui razão matriz/fenocristais variando de 30:70% a 80:20%.

As intrusões tabulares de lamprófiros incluem tanto monchiquitos como camptonitos. Os monchiquitos ocorrem como rochas melanocráticas, de textura hipocristalina (contém um pouco mais de vidro do que cristais), inequigranular porfirítica. A granulação varia de fina a média (<1-3 mm). A matriz é composta por vidro, olivina, anfibólio (kaersutita), clinopiroxênio (augita), álcali-feldspato, minerais opacos e amígdalas de calcita. Pode apresentar uma lineação de fluxo

magmático dos cristais de kaersutita euédricos (hábito acicular). A razão matriz/fenocristais é de aproximadamente de 80:20%. Os camptonitos apresentam-se holocristalinos, inequigranulares e porfiríticos. A granulação da matriz é fina (<1 mm) e a dos fenocristais varia de média a grossa (1>3 mm). A matriz encontra-se quase totalmente devitrificada originando ripas euédricas a subédricas de álcali-feldspato com granulação fina claramente saussuritizados. A razão matriz/fenocristais: é aproximadamente 70:30%.

#### **D. Unidades vulcânicas (lavas): traquitos**

Os litotipos da unidade vulcânica lava são representados por traquitos porfiríticos. Eles abrangem 0,4 Km<sup>2</sup> ou 5% da área, tendo sido mapeados a nordeste, e, mais localmente, em pequenos afloramentos a SSE (Anexos I e II). Três fácies traquíticas podem ser distinguidas na área, tendo sido denominadas traquito porfirítico cinza-claro, traquito porfirítico lilás e pórfiro-traquito.

O litotipo representativo da fácies traquito porfirítico cinza-claro é caracterizado pela presença de fenocristais de álcali-feldspato com pequena variação granulométrica, os quais apresentam, em geral, dimensões submilimétricas, eventualmente atingindo até aproximadamente 2,0 cm.

Esses fenocristais exibem formas prismáticas ou levemente arredondadas, esses últimos manteados por uma nova fase de cristalização desse mesmo mineral sugerindo processos de corrosão cristal/líquido e posterior sobrecrecimento. Os fenocristais de feldspato perfazem cerca de 40% do volume total da rocha e encontram-se imersos em uma matriz afanítica. Essas rochas possuem grande quantidade de vesículas e cavidades miarolíticas, orifícios oriundos do despreendimento de gases contidos no magma durante a erupção. Alguns desses orifícios encontram-se preenchidos por minerais opacos e cloritas formando estruturas denominadas de amígdalas.

O traquito porfirítico lilás foi assim denominado por possuir cor de intemperismo cinza arroxeadada.

Esse litotipo é caracterizado por fenocristais de álcali-feldspato com dimensões variando de 0,3 a 2,0 cm, subédricos a anédricos, com forma tabular e acicular inclusos em matriz afanítica. Também se observa cristais milimétricos de máficos prismáticos. Uma textura típica dessa fácies é a presença de orbículas consistindo de microaglomerados subarredondados de minerais máficos envoltos por uma borda de feldspato, preenchendo vesículas. Estas estruturas podem ser descritas como do tipo vesicular-orbicular, cuja origem está frequentemente relacionada a processos hidrotermais (Naslund & Henríquez, 2004).

As rochas da fácies pórfiro-traquito apresentam como feição distintiva entre as duas fácies anteriormente citadas, a baixa proporção matriz: fenocristais (30:70 %) que localizadamente formam concentrações em torno de noventa e cinco por cento de cristais. Os álcali-feldspatos, em sua maioria, são euédricos de hábito tabular com dimensões médias em torno de 2,0 cm, eventualmente alcançando 3,0 cm. Estes fenocristais encontram-se, em geral, distribuídos aleatoriamente em uma matriz afanítica.

As relações de campo coexistentes entre essas três fácies e algumas estruturas/texturas magmáticas específicas em cada delas sugerem que as mesmas possam representar brechas de conduto ou derrames propriamente ditos.

O traquito porfirítico lilás é rico em enclaves arredondados a angulosos de traquito porfirítico cinza-claro e de sienito porfirítico, os quais poderiam constituir fragmentos arrancados de um conduto pré-existente ou das rochas encaixantes sieníticas e incorporados ao líquido

durante sua ascensão à superfície. Contudo, a ocorrência, ainda que rara, de enclaves do traquito porfirítico lilás no traquito porfirítico cinza-claro, indica que essas duas fácies cristalizaram-se quase que simultaneamente.

A presença de estruturas tipo disjunção colunar e de fragmentos arredondados de traquito porfirítico lilás exibindo bordas de resfriamento, bem como estrutura do tipo *crosta de pão*, inclusos em matriz constituída pelo mesmo material, compreendem as denominadas autobrechas (McPhie *et al.*, 1993).

O processo de autobrechamento envolve fragmentação não explosiva de fluxo de lavas, cujas porções mais externas ficam mais sujeitas ao rápido resfriamento e, assim, tornam-se mais viscosas. Isto faz com que estas porções respondam diferencialmente ao movimento do magma, possibilitando a formação de crostas endurecidas que são mais facilmente desarticuladas durante o fluxo (McPhie *et al.*, 1993). Outrossim, fragmentos centimétricos de traquito porfirítico cinza-claro em matriz do mesmo tipo litológico, porosidade moderada devido à presença de vesículas, desenvolvendo localizadamente textura escoriácea e a sobreposição traquito/brecha, são feições que corroboram a origem efusiva destes litotipos.

### **E. Unidades vulcânicas (piroclásticas)**

As rochas piroclásticas inseridas em unidades vulcânicas são representadas por brechas piroclásticas (oligomíticas e polimíticas), lapilitos e aglomerados.

Dentre as rochas piroclásticas, as brechas são as que se distribuem em maior extensão geográfica, correspondendo aproximadamente 2,1 Km<sup>2</sup> ou 25 % da superfície mapeada, ocorrendo a norte, noroeste, sudoeste sul e sudeste da área (Anexos I e II).

Há dois tipos de brechas piroclásticas na área. Um tipo é representado por brechas oligomíticas (24% da superfície mapeada) mal selecionadas, constituídas por fragmentos angulosos, subarredondados a arredondados, com dimensões variadas entre 10,0 cm e 1,0 m, compostos essencialmente por sienitos e traquitos.

Localizadamente, os fragmentos exibem um alinhamento preferencial e imbricamento, sugerindo fluxo.

Nos fragmentos de material juvenil é comum a presença de vesículas, e mais raramente de bordas de resfriamento. Na maior parte dessas brechas, a matriz também consiste de piroclastos com granulometria cinza grossa (0,5 – 1,0 mm) ainda que em alguns afloramentos, os piroclastos encontrem-se envoltos por matriz traquítica afanítica. As brechas oligomíticas também podem ser caracterizadas por fragmentos arredondados e angulosos, ora predominando um ou outro, variando de subcentimétricos até aproximadamente 15,0 cm e de composição traquítica. A feição peculiar deste litotipo é a ausência de clastos na matriz, sendo essa composta por traquitos e sienitos. A relação matriz/fragmento é também bastante variável de forma que em alguns pontos a matriz é quase inexistente e os blocos são auto-sustentados.

Um outro tipo de brecha piroclástica ocorre a norte e a oeste da área lavrada da Pedreira Vigné Ltda. sendo compreendido por brechas polimíticas (1 % da área mapeada) contendo fragmentos do embasamento cristalino.

Nessas brechas, a proporção matriz/fragmentos é muito baixa, e em alguns pontos os blocos encontram-se auto-sustentados. Os fragmentos são angulosos, elipsoidais a arredondados, com dimensões variadas entre 10 e 50 cm, e constituídos por sienitos, traquitos, gnaisses, anfíbolitos e basaltos. A matriz é constituída por sienitos faneríticos de granulometria média a fina, com elevada disseminação de sulfetos na matriz.

Brechas constituídas por material juvenil e acidental com baixa quantidade de matriz são típicas de conduto vulcânico oriundas do colapso ou da fragmentação da estrutura pré-existente (Ulbrich, 1986). Elas estão freqüentemente associadas às porções marginais do conduto, passando gradativamente de um tipo a outro, podendo alcançar porções constituídas exclusivamente pelas rochas encaixantes.

Os lapilitos estão expostos, predominantemente, na porção sudeste da área estudada, cobrindo cerca de 0,4 Km<sup>2</sup> ou 5% da mesma (Anexos I e II). Eles são representados por fragmentos angulosos e arredondados com dimensões médias variando entre 0,2 – 4,0 cm, podendo alguns destes atingir até 15,0 cm, sustentados por uma matriz de granulometria fina, ora composta por cinzas, ora por traquito afanítico.

Os fragmentos são, geralmente, também constituídos por traquitos e, quando arredondados, exibem textura de autofragmentação, sugerindo ejeção e solidificação aérea.

Os aglomerados estão restritos à área central, aflorando em cerca de 0,1 Km<sup>2</sup> ou 1% da área mapeada, com as cotas mais elevadas, constituindo a maior expressão topográfica desta região, conhecida como Pedra da Contenda (Anexos I e II). Neste litotipo, os fragmentos são, em sua maioria, arredondados atingindo dimensões de até aproximadamente 1,0 m, distribuídos em uma matriz que varia de cinza grossa a lapili. À semelhança com as demais rochas piroclásticas, os fragmentos dos aglomerados são também de rochas traquíticas porfiríticas e afaníticas, comumente, exibindo bordas de resfriamento.

Uma estratificação gradual reversa é reconhecida de modo geral nas rochas piroclásticas à medida que se verifica um aumento nas dimensões dos fragmentos com a elevação de cotas topográficas. Isto pode ser observado, por exemplo, num perfil aproximadamente E-W ao longo da Pedra da Contenda. Na escala de afloramento esta feição está amplamente documentada, quase sempre como estratificação gradual reversa, caracterizada pelo aumento de granulometria dentro de uma mesma camada.

A constituição predominantemente fragmentar do material piroclástico, justaposto à baixa seleção granulométrica, presença de texturas indicativas de resfriamento rápido e estratificação gradual são alguns critérios utilizados para se reconhecer depósitos subaéreos (Fisher & Schmincke, 1984). A presença de matriz formada por material juvenil, sugere associação com derrames ou com o conduto (Ulbrich, 1986).

### **3.3. Petrografia**

Nesta seção serão apresentadas as características petrográficas de todos os litotipos plutônicos e vulcânicos mapeados.

As rochas piroclásticas da área são geralmente grossas e estão muito alteradas, o que fez com que a análise petrográfica se restringisse à escala macroscópica. Já os sienitos e traquitos estão mais preservados da alteração e têm granulometria adequada ao estudo petrográfico sob escalas macroscópica e microscópica.

#### **A. Sienitos equigranulares e inequigranulares**

O álcali-sienito porfirítico é uma rocha leucocrática, inequigranular porfirítica com matriz holocristalina.

A composição mineralógica inclui como fases essenciais, feldspato potássico, plagioclásio e biotita; apatita e opacos compreendem as fases acessórias, e como minerais secundários, verifica-se a ocorrência de minerais opacos. Esta rocha é caracterizada pela

presença de fenocristais de feldspato potássico e de plagioclásio em uma matriz de granulometria média a fina (1,0-2,0mm).

O feldspato potássico (80-90 %) é o mineral mais abundante nesta fácies, e como fenocristais, são euédricos em sua maioria, com dimensões variando entre 0,4-1,0 cm; os mesmos na matriz possuem granulação variando de fina a média (1-2mm). Os fenocristais de plagioclásio são raros, e quando ocorrem são anédricos com granulação média (2,0-3,0mm). Os grãos de plagioclásio apresentam-se intensamente saussuritizados.

A biotita (5%) ocorre como lamelas euédricas variando entre 1,0-2,0mm, e as variações na sua coloração, castanha avermelhada nos núcleos e levemente esverdeados nos bordos refletem alteração, produzindo como minerais secundários, opacos.

Os minerais opacos (5%) são representados por pirita e óxidos de ferro. A pirita ocorre, de modo geral, como cristais euédricos de forma quadrática, enquanto os óxidos são anédricos e, em geral associados à biotita, e ambos possuem granulação variando de fina a média (>1-3mm).

A apatita ocorre como diminutos cristais euédricos aciculares de granulação fina, inclusos nos feldspatos e biotita.

O pórfiro álcali-sienito é uma rocha leucocrática, inequigranular porfirítica com matriz holocristalina média a fina (1,0-2,0mm), apresentando como principal diferença entre essa fácies e a anteriormente descrita, a redução na quantidade modal das fases máficas.

É composto essencialmente por feldspato potássico, plagioclásio e biotita, tendo como minerais acessórios, apatita e minerais opacos e como produtos de alteração, a limonita.

Os feldspatos potássicos (>90%) ocorrem como fenocristais (0,4-1,0 cm) euédricos a subédricos, moderada a intensamente saussuritizados, os mesmos na matriz possuem granulação variando de fina a média (>1-2mm), variando de euédricos a anédricos. Os fenocristais de plagioclásio (1%) são anédricos com dimensões médias de 1,0mm e, normalmente, estão saussuritizados. A biotita ocorre como lamelas euédricas a subédricas com granulometria variando de fina a média (<1,0-2,0mm) formando aglomerados.

A apatita ocorre como cristais euédricos de hábito variando de colunar a acicular ou exibindo sua seção hexagonal característica inclusa em feldspato potássico e biotita.

Os minerais opacos ocorrem como cristais euédricos a subédricos, em geral, exibindo forma quadrática. Estes aparecem inclusos em feldspatos e biotita ou disseminados na matriz. Alguns desses cristais apresentam-se parcialmente alterados para limonita.

O sienito porfirítico fino é uma rocha leucocrática, holocristalina, inequigranular porfirítica, caracterizada pela presença de fenocristais de feldspato potássico e de plagioclásio (1,0-3,0mm) imersos em uma matriz fina a média (1,0-2,0mm).

Além de feldspato potássico e plagioclásio (80-90 %), essa rocha é composta por biotita (3%), apatita (1%), minerais opacos (5%), e como produto de alteração observa-se limonita.

Os feldspatos potássicos como fenocristais ocorrem como cristais subédricos a anédricos de hábito colunar, e granulação média, variando entre 1,0-3,0mm. Os mesmos na matriz possui granulação fina a média, variando de >1-2mm. Estes encontram-se intensamente saussuritizados. O plagioclásio ocorre como cristais anédricos intensamente alterados.

A biotita ocorre como lamelas euédricas a subeuédricas com granulação variando entre de fina a média (1,0-2,0mm) e por vezes aparecem parcialmente alteradas.

A apatita é uma fase acessória, sendo observada normalmente como inclusões em feldspato potássico e biotita, sua granulação é fina, e frequentemente aparecem euédricas de hábito variando de colunar e acicular ou sob sua seção basal.

Os minerais opacos estão distribuídos por toda a rocha, ocorrendo como grãos anédricos de granulação fina (>1mm), parcialmente alterados para limonita. Estes minerais freqüentemente são remobilizados para as zonas de fraturas.

O biotita-sienito grosso é uma rocha leucocrática, holocristalina, equigranular média a grossa (3,0-5,0mm), tendo como minerais essenciais, feldspato potássico (50%) e plagioclásio (35%) e biotita (8%), e como minerais acessórios, apatita e minerais opacos.

Por vezes, esta rocha apresenta amígdalas de aproximadamente 4,0 mm, preenchidas ou não por carbonatos.

Os grãos de feldspato potássico são, em geral, anédricos com dimensões entre 3,0-5,0mm, ocasionalmente apresentando intercrescimentos pertíticos. Encontram-se moderada a fortemente saussuritizados.

O plagioclásio ocorre como cristais que variam de euédrico a anédrico, quando euédrico possui hábito colunar, sua granulação varia de média a grossa (1,0-5,0mm).

A biotita ocorre como lamelas euédricas de granulometria média (1,0-3,0mm) parcialmente alteradas.

A apatita ocorre como cristais euédricos de granulação média (1,0-2,0mm) exibindo hábito acicular ou sob sua seção basal, inclusa em feldspato potássico, plagioclásio e biotita.

Os minerais opacos apresentam-se como grãos anédricos, submilimétricos, associados à biotita. Provavelmente, constituem produtos de alteração formados às expensas da biotita.

O sienito médio é uma rocha holocristalina, equigranular média variando de 1,0 a 3,0mm.

A sua mineralogia essencial é constituída por feldspato potássico, plagioclásio e biotita; os acessórios incluem, biotita, apatita e minerais opacos, e como minerais secundários, observa-se a presença de minerais opacos.

O feldspato potássico ocorre como cristais euédricos a subédricos com dimensões variando entre 1,0-3,0mm. O plagioclásio é subordinado em relação ao feldspato potássico, ocorrendo como cristais subédricos a anédricos com granulação média (2-3mm) com a sua geminação polissintética característica parcialmente mascarada pelo elevado grau de saussuritização, imposto a esse mineral.

A biotita é rara, ocorrendo como lamelas euédricas de granulação fina e têm com o produto de alteração, minerais opacos.

A apatita ocorre como cristais submilimétricos, euédricos a anédricos; quando euédrica possui hábito acicular ou apresenta-se sob sua seção basal. Esta normalmente aparece inclusa em feldspato potássico e biotita, e disseminada na matriz.

Os minerais opacos, são em geral, anédricos com granulação fina (<1,0mm), freqüentemente associados à biotita, resultado da alteração deste mineral. Um outro tipo de mineral opaco, a pirita, ocorre disseminado na matriz, e ocasionalmente apresenta-se alterado para limonita.

O álcali-sienito grosso é uma rocha leucocrática, holocristalina, equigranular grossa (6,0-8,0 mm), composta por feldspato potássico, biotita, apatita e minerais opacos.

O feldspato potássico (70-80%) ocorre como cristais subédricos a anédricos de granulação grossa, variando entre 6-8 mm, apresentando intercrescimentos pertíticos e elevado grau de saussuritização.

A biotita (1%) é rara, mas quando ocorre varia de euédrica a anédrica e hábito tabular, sua granulação varia de fina a média (1-2mm) e encontra-se fortemente alterada.

A apatita apresenta-se como cristais euédricos de hábito acicular de granulação fina (>1mm) ou sob a sua seção basal característica, inclusa em feldspato potássico e biotita.

Os minerais opacos (7%), variam de euédricos a anédricos, e sua granulação é fina (<1-1 mm). Ocorrem inclusos nos cristais de feldspato potássico e de biotita. A alteração origina um mineral secundário, possivelmente limonita.

### **B. Lavas de traquitos porfiríticos**

O traquito porfirítico cinza-claro é inequigranular, caracterizado pela presença de fenocristais de feldspato potássico (1,0-7,0mm) inseridos em uma matriz hipocristalina fina a média (<1,0-2,0 mm).

A porção cristalina da matriz é constituída por micrólitos de sanidina preferencialmente orientados denotando fluxo turbulento e por esferulitos (diminutos corpos arredondados com intercrescimento radial de minerais) indicando devitrificação. Uma feição bastante comum é a presença de amígdalas com forma esférica e dimensões submilimétricas, preenchidas por talco, zeólitas e carbonatos, as quais se encontram disseminadas por toda a rocha.

Os fenocristais de feldspato potássico ocorrem como cristais que variam de euédricos a anédricos, de hábito colunar e tabular, sua granulação como fenocristais varia de média a grossa (1-7mm) e encontram-se parcialmente saussuritizados.

A biotita ocorre como lamelas de granulação fina a média encontrando-se intensamente substituídas para clorita e minerais opacos.

Os minerais opacos encontram-se distribuídos por toda a rocha ocorrendo como: i) cristais euédricos inclusos nos feldspatos potássicos; ii) como grãos subédricos a anédricos disseminados pela matriz da rocha; iii) como grãos anédricos, associado aos bordos da biotita; iv) preenchendo microfraturas.

O traquito porfirítico lilás exhibe textura inequigranular definida por fenocristais de feldspato potássico e de plagioclásio com dimensões variando desde submilimétricas até aproximadamente 1,0 cm imersos em uma matriz fina. A matriz hipocristalina é fundamentalmente o resultado de processos de devitrificação indicada por esferulitos, cujas dimensões atingem 4,0 mm.

Localizadamente, cristais primários de sanidina desenvolvem textura de fluxo. Sua composição mineralógica essencial compreende feldspato potássico (sanidina), plagioclásio e biotita; apatita e opacos como fases acessórias, e como produtos de alteração hidrotermal, opacos e fluorita.

Os fenocristais de feldspato potássico variam desde euédricos a anédricos, e granulação variando de média a grossa (1-10mm) e encontram-se parcialmente alterados. O plagioclásio é raro e encontra-se parcialmente saussuritizado.

A biotita é um mineral acessório (4%), com granulação variando de fina a média (<1-2 mm) sob forma lamelar euédrica a anédrica, prevalecendo a segunda, devido à intensa corrosão cristal/líquido residual. Por vezes, ocorre como cristais esqueléticos, consequência do resfriamento rápido do magma em superfície. Processos de alteração são freqüentemente observados nesse mineral.

Os minerais opacos perfazem aproximadamente 5% do volume da rocha. Estes se apresentam euédricos, com granulação fina, disseminados na matriz. A alteração deste mineral produz limonita.

A apatita é um mineral acessório comum nas rochas desta fácies, e sua granulação é fina. Em geral, apresenta-se euédrica (com hábito acicular e colunar) a anédrica (quando da sua seção basal), predominando a primeira forma, inclusa em álcali-feldspato e biotita, como também disseminados na matriz da rocha.

A fluorita é rara, ocorrendo com hábito pseudo-hexagonal euédrico, preenchendo fraturas ou interstícios deixados pelos demais minerais.

O pórfiro traquito apresenta textura inequigranular com fenocristais de feldspato potássico (2,0-5,0mm) inseridos em uma matriz hipocristalina fina, exibindo feições de devitrificação. Sua mineralogia inclui feldspato potássico e plagioclásio como fases essenciais; biotita, apatita e minerais opacos como minerais acessórios.

Os fenocristais de álcali-feldspato perfazem cerca de 60% do volume total de fenocristais. Este mineral ocorre como cristais euédricos a anédricos, prevalecendo o primeiro tipo. A granulação varia de média a grossa (2-15 mm). Encontram-se de intensamente a ligeiramente alterados e alguns apresentam intercrescimentos micropertíticos.

Os fenocristais de plagioclásio perfazem aproximadamente 30% do volume da rocha, ocorrendo como cristais euédricos e grãos anédricos, ambos com granulação grossa (2-15mm) e intensamente saussuritizados.

Os minerais opacos (4%) são predominantemente anédricos, com granulação variando de fina a média (<1-2,5 mm).

A apatita ocorre como cristais submilimétricos, inclusa em feldspato potássico ou disseminada na matriz. Os pseudomorfos de biotita e anfibólio encontram-se parcialmente a completamente alterados. Por vezes ocorrem somente grãos esqueléticos. A granulação é fina (<1 mm) e exibe uma coloração avermelhada.

### **C. Intrusões tabulares**

A unidade Intrusões tabulares é constituída por três litotipos distintos, sendo estes: traquitos afíricos, traquitos porfiríticos e lamprófiros.

Os traquitos afíricos são representados por rochas holohialinas, geralmente devitrificadas, equigranulares. Há núcleos vítreos de até dois milímetros e cristais de álcali-feldspato oriundos da devitrificação da mesma, gerando uma textura esferulítica. A rocha possui granulação de fina a média (<1-1 mm). A relação vidro/devitrificação é 5:95%.

Os cristais de álcali-feldspato aparecem comumente euédricos, exibindo hábito colunar. Apresentam-se com estrutura radial, nucleando e crescendo em torno de um centro. A granulação dos cristais varia de fina a média (<1-1 mm) e a granulação dos esferulitos de álcali-feldspato pode chegar até 4mm. Os cristais de álcali-feldspato perfazem cerca de 95% do volume da rocha e encontram-se parcialmente alterados.

Os minerais opacos perfazem cerca de 5% do volume da rocha; ocorrem principalmente como grãos anédricos finos dispersos na matriz.

Os traquitos porfiríticos da unidade intrusões tabulares caracterizam-se por serem inequigranulares porfiríticos. A matriz varia de holohialina (com estágios de devitrificação avançados, reconhecidos pela presença de esferulitos que podem atingir até 4 mm de diâmetro) a holocristalina, exibindo também textura traquítica caótica. Nesta última, a granulação da matriz varia de fina a média (<1-1,5 mm). Raramente podem ocorrer amígdalas preenchidas por calcita ou zeólitas. Sua composição mineralógica consta de álcali-feldspato e minerais opacos, além de limonita como uma fase mineral secundária. Em algumas intrusões tabulares a biotita pode ocorrer como mineral essencial, assim como o plagioclásio pode ocorrer como mineral acessório. Os fenocristais são essencialmente de álcali-feldspato e a rocha possui razão matriz/fenocristais variando de 30:70% a 80:20%.

O álcali-feldspato é um mineral essencial com granulação variando de média a grossa (1-7mm), euédricos a anédricos, e quando euédricos têm hábito tabular ou colunar, freqüentemente,

apresentando intercrescimento micropertítico. Por vezes, estes minerais podem ocorrer levemente orientados denotando fluxo magmático.

O plagioclásio pode ocorrer em algumas intrusões tabulares de traquito porfirítico. Nesse caso, é euédrico (colunar) com granulação média a grossa (2-5 mm), comumente saussuritizado, perfazendo cerca de 1% do volume da rocha.

A biotita pode ocorrer em algumas intrusões tabulares de traquito porfirítico, quando se apresenta como um mineral acessório, perfazendo 8% do volume da rocha, exibindo coloração castanha escura e forte pleocroísmo. Em geral, é lamelar, euédrica com granulação variando de fina a média (<1- 2 mm) apresentando *birdeyes* característicos. Alguns grãos são poiquilíticos com inclusões de apatita. Também se encontram alinhadas paralelamente ao fluxo magmático.

Os minerais opacos apresentam duas formas distintas de ocorrência: a) como cristais anédricos, finos, e relacionados com a biotita, tendo sido gerados por processos de alteração desta, formando óxidos de ferro; b) inclusos no álcali-feldspato ou disseminados na matriz, apresentando-se alterados para limonita. Esses últimos compreendem os sulfetos, formados tardiamente devido a processos hidrotermais.

A apatita é um mineral acessório freqüente, perfazendo 1% do volume da rocha. Ocorre como cristais submilimétricos, aciculares e colunares euédricos, ou exibindo a sua seção basal característica, inclusas em álcali-feldspato e em plagioclásio.

As intrusões tabulares de lamprófiros incluem tanto monchiquitos como camptonitos.

Os monchiquitos são melanocráticos, de textura hipohialina (contêm um pouco mais de vidro do que cristais), inequigranular porfirítica. A granulação varia de fina a média (<1-3 mm). A matriz é composta por vidro, olivina, anfibólio (kaersutita), clinopiroxênio (augita), álcali-feldspato, minerais opacos e amígdalas de calcita. Pode apresentar uma foliação de fluxo magmático definida pelo alinhamento de cristais aciculares de kaersutita. A razão matriz/fenocristais é de aproximadamente de 80:20%. Uma feição freqüente nessas rochas é a presença de cavidades miarolíticas preenchidas por carbonato. A assembléia de fenocristais é constituída por kaersutita, augita e, mais raramente, olivina.

O anfibólio (kaersutita) é o mineral de maior abundância modal, perfazendo cerca de 50% do volume da rocha. Apresenta pleocroísmo muito forte, variando de amarelo alaranjado a castanho avermelhado intenso, ocorrendo como cristais colunares e tabulares, euédricos a subédricos com granulação variando de fina a média (<1-3 mm). Em alguns grãos observa-se zonamento.

A olivina perfaz cerca de 20% do volume da rocha, ocorrendo sob hábito granular, euédrico a anédrico, com granulação variando de fina a média (<1-3mm). Apresenta fraturas curvas e a sua alteração origina serpentina, talco, cancrinita e clorita.

O clinopiroxênio predominante nessa rocha é augita, identificada pela sua coloração pálida e pleocroísmo muito fraco. Constitui um mineral essencial, perfazendo 10% da rocha, exibindo-se como cristais de granulação média, prismáticos euédricos, ou sob a sua seção basal, constituindo cristais anédricos. Apresentam zonamento composicional definido pela presença de núcleos compostos por egerina-augita.

Os minerais opacos, perfazem cerca de 10% do volume da rocha, e ocorrem sob duas formas distintas: a) como cristais tabulares e euédricos finos disseminados na matriz da rocha, e b) predominantemente como grãos anédricos finos, associados aos bordos de kaersutita, augita ou remobilizados para zonas de fraturas nas olivinas.

Os álcali-feldspato apresentam-se sob a forma de ripas euédricas com granulação fina (<1 mm), perfazendo cerca de 10% do volume da rocha.

Os camptonitos apresentam-se holocristalinos, inequigranulares e porfíricos. A granulação da matriz é fina (<1 mm) e a dos fenocristais varia de média a grossa (1>3 mm). A matriz encontra-se quase totalmente devitrificada originando ripas euédricas a subédricas de álcali-feldspato com granulação fina intensamente alterados. A razão matriz/fenocristais: é aproximadamente 70:30%.

Os fenocristais de álcali-feldspato são raros (2% do volume da rocha), ocorrendo como cristais anédricos com dimensão média (1 -2,5 mm), eventualmente apresentando intercrescimentos micropertíticos. Encontram-se fraturados e localizadamente alterados.

A biotita está presente principalmente na matriz. Em geral, é euédrica (em ripa) a subédrica, com raras variedades anédricas e associadas com minerais opacos. A granulação varia de fina a média (<1-2,5 mm). Em geral possuem *birdseye* e algumas são poiquilíticas, com inclusões de apatita. Perfazem cerca de 20% do volume da rocha.

A biotita compreende cerca de 20% do volume da rocha, sendo observada principalmente na matriz. Em geral, apresenta-se como ripas euédricas a subédricas, com raras variedades anédricas de granulometria variando de fina a média (<1-2,5 mm.). Possui inclusões de apatita e altera para minerais opacos.

A apatita constitui 3% do volume da rocha, exibindo-se como diminutos cristais aciculares euédricos ou sob a sua seção basal. Geralmente encontra-se inclusa na biotita e localmente associada com os minerais opacos.

A clorita exhibe forma euédrica (em ripas) e granulação fina. É poiquilítica, frequentemente com inclusões de minerais opacos. A origem da clorita esta ligada à alteração da olivina e pseudomorfos, pois, encontra-se clorita euédrica em seção basal com geometria hexagonal. Perfaz 15% do volume da rocha.

### **3.4. Geologia estrutural**

As estruturas presentes na área de estudo foram identificadas por meio de técnicas de fotointerpretação e análises estruturais feitas no campo. As estruturas encontradas são essencialmente rúpteis e representadas por lineamentos radiais e anelares (Anexos I e II), além de diferentes sistemas de fraturas e, mais subordinadamente, falhas.

Os lineamentos radiais e anelares são indicativos de presença de estruturas características de complexos vulcânicos. As fraturas estão relacionadas a eventos geológicos mais recentes que o evento vulcânico gerador das rochas mapeadas na área. As falhas deslocaram as rochas das unidades mapeadas segundo movimentos normais, reversos e também direcionais. No entanto, os blocos foram movimentados restritamente, muito embora *slickensides*, estruturas características de falhas, tenham sido observados em alguns afloramentos.

## **4. GEOLOGIA DA ÁREA DE LAVRA DA PEDREIRA VIGNÉ Ltda.**

### **4.1. Introdução**

A Pedreira Vigné Ltda. está localizada no município de Nova Iguaçu na porção setentrional do Maciço Marapicu-Gericinó-Mendanha, limitada aproximadamente pelas coordenadas 43°26' – 43°37'W e 22°45' – 22°51'S. O acesso à pedreira é feito através da via pavimentada Estrada de Madureira. Na área de lavra, trafega-se pelas bancadas a pé ou por carro.

O mapa geológico da área da Pedreira Vigné Ltda., gentilmente cedido pela diretoria da empresa, apresenta rochas que afloram na área de lavra cartografadas em escala de detalhe (escala 1:1.000).

Os afloramentos da área de lavra foram visitados pela equipe executora do projeto e suas características de campo, petrográficas e estruturais foram estudadas e fotografadas, e novas amostras coletadas. Além disso, o acervo de amostras e lâminas petrográficas da Pedreira Vigné Ltda. também foi consultado pela equipe executora do

48

projeto. Finalmente, o banco de dados geológicos da Pedreira Vigné Ltda. e publicações sobre a geologia da área foram consultados. Todas as informações geológicas obtidas foram então utilizadas na análise geológica em conjunto com os dados obtidos pela equipe executora do projeto durante a campanha de mapeamento fora dos limites da lavra.

O trabalho de compilação mostrou que as unidades litológicas mapeadas na área de lavra da Pedreira Vigné Ltda. foram discriminadas com base em critérios texturais, principalmente, e mineralógicos e estruturais, subordinadamente. Esses critérios foram identificados através da análise petrográfica macroscópica efetuada no campo e complementada com a análise microscópica. O estudo estrutural envolveu medidas de atitudes de intrusões tabulares e de fraturas. Essas medidas foram tratadas em programas estatísticos específicos. A seguir, as principais características de campo, petrológicas e estruturais das rochas aflorantes na área de lavra da Pedreira Vigné Ltda., obtidas durante o trabalho de compilação e visitas técnicas realizadas, são apresentadas para servirem de comparação com os dados geológicos obtidos durante a execução do mapeamento em escala 1:10.000 fora dos limites da lavra.

Três unidades litológicas principais foram discriminadas na área de lavra da Pedreira Vigné Ltda., denominadas de sienitos indiferenciados, brechas heterolíticas e traquitos porfiríticos. Essas unidades são cortadas por intrusões tabulares de composição variada.

Na área da lavra predominam as rochas intrusivas da unidade sienitos indiferenciados, com rochas vulcânicas (traquitos porfiríticos e brechas heterolíticas) ocorrendo subordinadamente.

## **4.2. Dados de campo e petrográficos**

Os litotipos da unidade sienitos indiferenciados ocorrem em todos os quadrantes da área de lavra e fazem contato aproximado e indefinido com todos os outros litotipos mapeados (Anexo V).

Esta unidade inclui sienitos de granulometria fina (quase microfanerítica) a bastante grossa. A textura varia de equigranular à porfirítica com fenocristais euédricos e subeuédricos de feldspato alcalino em média de 2,0 cm. Seis diferentes fácies foram discriminados em base petrográfica, sendo três equigranulares e três inequigranulares porfiríticos.

A constituição mineralógica essencial dos sienitos é representada por álcali-feldspatos. Biotita ocorre como mineral acessório. Pirita, fluorita e calcita são minerais possivelmente associados a processos hidrotermais. A pirita é comumente disseminada na rocha, ou concentrada em fraturas e cavidades miarolíticas. Fluorita e calcita apresentam-se em cristais euédricos de até 15cm. Biotita e pirita podem se transformar em óxido de ferro (?) como resultado de processos intempéricos.

É comum a presença de enclaves de sienitos de uma determinada fácies dentre de outras, além de enclaves de basalto, mais raramente. Esses enclaves se apresentam arredondados, angulosos e subangulosos, variando de centimétricos à métricos.

As brechas heterolíticas são principalmente observadas em cotas superiores a 200 metros, na parte oeste da Pedreira. O contato com traquitos porfiríticos é aproximado e indefinido. As rochas desta unidade correspondem à brechas polimíticas, segundo os critérios conceituais e de

nomenclatura adotados neste projeto, e serão referenciadas como tal nas seções seguintes deste relatório.

Estudo microscópico nas brechas polimíticas da área de lavra da Pedreira Vigné Ltda, indicam que elas são formadas predominantemente por matriz traquítica (predominantemente álcali-feldspática). Esta matriz sustenta os blocos, geralmente angulosos, mais raramente elipsoidais e arredondados, de diversos litotipos. Os blocos apresentam dimensões variando de poucos centímetros até aproximadamente 3,5m. As litologias representativas dos blocos são de traquitos e sienitos, principalmente, além de basaltos (provavelmente alcalino) e anfibolito com bandamento gnáissico ainda presente. Os blocos de sienito apresentam variações faciológicas, porfiríticas ou equigranulares, assim como os traquitos (afaníticos, porfirítico cinza-claro, porfirítico lilás, pórfiro-traquito)

Sulfetos (principalmente pirita) de granulometria bastante fina ocorrem disseminados nas brechas assim como preenchendo fraturas.

A unidade traquitos porfiríticos inclui três fácies distintas: traquito porfirítico cinza-claro, traquito porfirítico lilás e pórfiro-traquito.

O traquito porfirítico cinza-claro é a fácies mais bem representada, aparecendo na porção leste da área em contato, em parte aproximado e em parte inferido, com as rochas da unidade sienitos indiferenciados; na porção sul, em contato aproximado com rochas desta mesma unidade e também com aquelas da facies pórfiro-traquito.

O litotipo representativo desta unidade tem matriz afanítica e possui fenocristais de feldspato alcalino com granulometria variando de 0,3 a 2,0 cm (bastante heterogêneo), com hábitos geralmente subeuédricos à anédricos.

Esses fenocristais possuem, em média, 1,0cm e normalmente são euédricos e com ligeira orientação preferencial (lineação de fluxo). A proporção é de 40% de fenocristais e 60% de matriz. Sulfetos de granulometria fina (< 0,1cm) ocorrem como traços disseminados na matriz, e em fraturas.

Estes traquitos apresentam muitos enclaves, geralmente de arredondados a subangulosos. Há enclaves de fonolito, sienitos de diferentes texturas, traquito afírico e rochas máficas (basalto, lamprófiro?). Alguns destes enclaves possuem uma reação de contato, indicada pela concentração de sulfetos em suas bordas. Em geral, os enclaves apresentam dimensões variadas, chegando até 80 cm.

Os pórfiro-traquitos estão localizados na porção leste da área, em contato inferido com as rochas da unidade sienitos indiferenciados a oeste e a norte, além de contatos aproximados com o traquito porfirítico cinza-claro, à sudoeste.

As rochas desta faciologia têm como característica principal a sua baixa proporção matriz/fenocristais (30%/70%). Os fenocristais desta rocha têm geralmente granulometria homogênea, com feldspato alcalino em grãos em média com 2,0 cm, que variam desde euédricos a subeuédricos, sem estrutura de fluxo associada. Ocorrem concentrações de feldspatos com percentagens chegando a 90-95%. As rochas apresentam-se geralmente alteradas, com coloração amarelada. Pirita fina (< 0,1cm) ocorre disseminada na matriz e em concentrações, às vezes limonitizada. Exibem enclaves de traquito afírico de até 5,0cm.

Intrusões tabulares de diferentes litologias cortam todos os litotipos e fácies da área mapeada, com atitudes e mergulhos variados. Os seguintes litotipos foram inseridos nessa unidade: traquito afírico, traquito porfirítico e lamprófiro.

As intrusões tabulares mais frequentes na área da lavra são de traquito porfirítico, que têm, em geral, matriz afanítica de cor cinza clara, fenocristais de feldspatos alcalinos que podem

variando de anédricos a euédricos com granulometria que pode chegar a 2,0cm. Algumas dessas intrusões tabulares podem apresentar borda resfriada (afírica) ou com menor percentagem de pórfiros, que também podem conter lineação de fluxo. Estas intrusões tabulares também podem apresentar enclaves da própria rocha encaixante e geralmente esses enclaves estão localizados próximo às bordas das intrusões. Foram observadas intrusões tabulares de traquito com fenocristais de biotita orientada, com granulometria de 1,0cm. Estas intrusões tabulares apresentam espessuras que variam desde alguns centímetros até 10,0 m, e geralmente, estão fraturadas.

As intrusões tabulares de traquito afírico são mais freqüentes do que as intrusões tabulares de lamprófiro. Os primeiros, em geral, têm coloração esverdeada parecida com fonolito, mas também foram observadas intrusões tabulares afíricas de coloração bege, talvez devido à alteração ou percolação da água. A espessura dessas intrusões tabulares varia de poucos centímetros a 3 m.

As intrusões tabulares de lamprófiro são as menos freqüentes da área. Eles são, em geral, inequigranulares com pórfiros de piroxênio e/ou anfibólio com granulometria de até 0,8 cm, subédricos e euédricos. Também há amígdalas irregulares, por vezes orientadas por fluxo, de até 1,0 cm, preenchidas por calcita. As intrusões tabulares de lamprófiros normalmente aparecem na área com uma borda de contato composta por calcita em forma de veios paralelos. Essa borda de calcita pode ter uma espessura de até 5,0cm e as intrusões tabulares podem ter uma espessura de até 3,0m e freqüentemente aparecem diaclasados. Essas intrusões tabulares normalmente demonstram continuidades entre as bancadas, mostrando as variadas espessuras do mesmo dique. Estas intrusões são bastante irregulares e freqüentemente apresentam ramificações.

### **4.3. Dados estruturais**

As rochas aflorantes na área de lavra da Pedreira Vigné Ltda. foram afetadas por fraturas, e cortadas por intrusões tabulares de composição variada.

As atitudes (direção e mergulho) dessas feições foram medidas e os dados foram tratados em diagramas específicos.

Neste relatório, os termos fraturas ou juntas são utilizados com base nos conceitos apresentados por Ramsay (1987), que define estas feições como estruturas geológicas ao longo das quais não ocorre nenhum deslocamento apreciável. Fraturas com deslocamento apreciável, por sua vez, são chamadas de falhas. Fraturas ocorrem geralmente em conjuntos de arranjos paralelos a subparalelos conhecidos como grupos de fraturas. Grupos regulares, planares e subparalelos de fraturas são chamados de sistemáticos. Por outro lado, grupos de fraturas curvas, conchoidais ou não-paralelas são chamados de não-sistemáticos. Já um sistema de fraturas inclui grupos de fraturas diferentemente orientados e mutuamente cruzados de acordo com algum tipo de padrão estrutural específico. Sistemas de fraturas podem ser ou não contemporâneos.

As fraturas podem formar-se por diferentes mecanismos, que envolvem desde a ação de *stress* regional até processos de resfriamento de rochas. Podem também ser originadas pela retirada de sobrecarga litológica, sendo comumente subhorizontais e denominadas de fraturas de alívio. No entanto, as fraturas de maior interesse geológico são aquelas que resultam de algum tipo de *stress* regional. Estes sistemas de fraturas são caracteristicamente muito regulares e comumente associados à falhas regionais. O *strain* resultante da formação de fraturas é geralmente muito pequeno, raramente maior que 1%.

Distintos grupos e sistemas de fraturas foram medidos nos vários litotipos mapeados em campo. Os dados estruturais foram plotados em diagramas de roseta e estereogramas .

Cento e vinte e duas medidas de grupos de fraturas foram feitas em afloramentos de todos os litotipos mapeados na área (unidades traquito porfirítico cinza-claro, traquito porfirítico lilás, pórfiro-traquito, sienitos indiferenciados e brechas heterolíticas; Anexo V). Estas medidas não apresentam direção preferencial e o mergulho é predominantemente subvertical.

Os grupos de fraturas no setor leste perfazem 22% (n=27) do total de fraturas medidas. Essas fraturas apresentam direção predominantemente 140°-145° com espaçamento predominantemente da ordem de dezenas de centímetros, levemente inclinados (cerca de 30°) para NW. Já os grupos de fraturas no setor oeste perfazem 78% (n=95) do total de fraturas medidas. Essas fraturas apresentam direção predominantemente 10°-15°, com espaçamentos variáveis, e mergulhos subverticais. 0Direção de fraturas em afloramento n=122 Projeção Equi-área Hemisfério Superior

As fraturas das rochas da unidade traquito porfirítico cinza-claro correspondem a 26% (n=32) do total medido na área de estudo. Estas fraturas possuem espaçamento da ordem de dezenas de centímetros e têm direção predominantemente 80°-85°, com mergulhos subverticais. As fraturas das rochas desta unidade medidas no setor leste da área possuem duas direções preferenciais, quais sejam, 30°-35° e 140°-145°, subverticais. Em oposição, aquelas medidas no setor oeste da área têm direção preferencial 80°-85°, com fortes mergulhos (cerca de 72°) para SE.

Direções de fraturas da unidade traquito porfirítico cinza-claro. n=32. Péta maior: 9% de n. Projeção Equi-área. Hemisfério superior.

As fraturas das rochas da unidade traquito porfirítico lilás correspondem a 3% (n=4) do total medido na área de estudo. Estas fraturas possuem espaçamento centimétrico e têm direção entre 60°-75°, com mergulhos subverticais. Vale ressaltar que estas análises foram feitas a partir de poucas medidas.

As fraturas das rochas da unidade sienitos indiferenciados correspondem a 69% (n=84) do total medido na área de estudo. Estas fraturas possuem espaçamento variando da ordem de dezenas de centímetros à métrico, e têm direção predominantemente 10°-15°, com mergulhos subverticais.

As fraturas da unidade sienitos indiferenciados, no setor oeste, correspondem a 82% (n=69) das medidas de fraturas nesta unidade. Sua direção preferencial é 10°-15°, e as fraturas têm espaçamento que varia da ordem de dezenas de centímetros à métrico, com mergulhos subverticais. Em oposição, as medidas no setor leste (n=15) da área têm duas direções preferenciais, quais sejam, 130°-135° e 160°-165°. O espaçamento é predominantemente da ordem de dezenas de centímetros, com suaves mergulhos (cerca de 30°) para NW.

Finalmente, vale notar que as rochas das unidades pórfiro-traquito e brechas heterolíticas praticamente não possuem fraturas. Isto é denotado pelas pouquíssimas medidas efetuadas, correspondendo, conjuntamente, a 1,5% (n=2) do total medido na área de estudo, o que impede, de modo geral, a análise estrutural.

Um total de 183 medidas foram feitas em intrusões tabulares, sendo 113 de traquito porfirítico, 54 de traquito afírico e 16 de lamprófiros. O diagrama de rosetas indica uma direção preferencial 110°-115° para as intrusões tabulares mapeadas na área da Pedreira Vigné. As intrusões tabulares de traquito afírico são predominantemente subverticais ou inclinadas com mergulhos predominantemente para sul. Por outro lado, as inclinações das intrusões tabulares de traquito porfirítico são mais variáveis. As intrusões de lamprófiros são predominantemente subverticais ou com forte inclinação, principalmente para NE ou SW. A Tabela 1 sumariza os dados estruturais apresentados nesta seção.

Tabela 1 - Dados estruturais das fraturas mapeadas na área de lavra da Pedreira Vigné Ltda.

Unidade	Setor Direção	Mergulho	Espaçamento	
Todas as unidades (n=122)	-	variáveis	subverticais	variáveis
Todas as unidades (n=27)	leste	140°-145°	30° NW	dezenas de centímetros
Todas as unidades (n=95)	oeste	10°-15°	subverticais	variáveis
Traquito porfirítico cinza-claro (n=32)	-	80°-85°	subverticais	dezenas de centímetros
Traquito porfirítico cinza-claro (n=12)	leste	30°-35° 140°-145°	subverticais	dezenas de centímetros
Traquito porfirítico cinza-claro (n=20)	oeste	80°-85°	72° SE	dezenas de centímetros
Traquito porfirítico lilás (n=4)	-	60°-75°	subverticais	centimétrico
Sienitos indiferenciados (n=84)	-	10°-15°	subverticais	dezenas de centímetros à métrico
Sienitos indiferenciados (n=15)	leste	130°-135° 160°-165°	30° NW	dezenas de centímetros
Sienitos indiferenciados (n=69)	oeste	10°-15°	subverticais	dezenas de centímetros à métrico

As intrusões tabulares mais frequentes, representando aproximadamente 62% (n=113) do total, são de traquito porfirítico, com espessuras que variam de alguns centímetros até 10 m. Essas intrusões, em geral, apresentam direção predominantemente 110°-115° (subverticais), coincidente, portanto, com a direção predominante das intrusões tabulares da área. Os sistemas de fraturas (n=97) medidos nas intrusões tabulares de traquito porfirítico é predominantemente 110°-115°, coincidente com a direção preferencial destas intrusões, muito embora os mergulhos sejam muito variáveis. Cerca de 66% (n=75) dessas intrusões tabulares aparecem no setor oeste da área mapeada (considerando-se, como referencial, a marcante linha de talvegue N-S que secciona a frente de lavra (Anexo V), com direções também predominantemente 110°-115° e inclinações muito variáveis. O sistema de fraturas (n=68) medido nas intrusões tabulares de traquito porfirítico do setor oeste é predominantemente 110°-115°, coincidente, portanto, com as direções de intrusões, mas com mergulhos relativamente suaves (cerca de 36°) para NE. Os outros 34% (n=38) das intrusões tabulares ocorrem no setor leste, com duas direções preferenciais, variando de 130°-135° e 165°-170° e mergulhos subverticais. Os sistemas de fraturas (n=29) medidos nas intrusões tabulares de traquito porfirítico do setor leste são mais variados, com duas direções predominantes, quais sejam, 60°-65° e 130°-135°, com mergulhos suaves (cerca de 12°) para NW.

As intrusões tabulares de traquito afírico são mais frequentes do que as de lamprófiro e representam, aproximadamente, 30% (n=54) do total na área mapeada. A espessura das intrusões tabulares de traquito afírico varia de poucos centímetros até 3m.

Em geral, elas apresentam direções preferenciais 70°-75°, com mergulhos subverticais. O sistema de fraturas medido nas intrusões tabulares de traquito afírico é predominantemente 125°-130°, portanto, não coincidente com a direção preferencial destas intrusões. Este sistema de fraturas (n=49) mergulha preferencialmente cerca de 42° para NE. Cerca de 20% (n=11) das intrusões de traquitos afíricos ocorrem no setor leste, sem nenhuma direção ou mergulho preferencial observada. O sistema de fraturas nas intrusões tabulares de traquitos afíricos do setor leste tem direção predominantemente 80°-85° com mergulhos verticais para NW. Vale ressaltar, no entanto, que estes resultados baseiam-se em apenas algumas poucas medidas (n=8). Cerca de 80% (n=43) das intrusões de traquitos afíricos ocorrem no setor oeste, com duas direções predominantes, quais sejam, 70°-75° e 130°-135° com mergulhos subverticais. O sistema de fraturas (n=41) nas intrusões tabulares de traquitos afíricos do setor oeste tem direção predominantemente 125°-130°, com mergulhos inclinados (cerca de 42°) para NE.

As intrusões tabulares de lamprófiro são as menos frequentes da área, ocorrendo, em geral, com espessuras de até 3,0m. Eles perfazem cerca de 9% (n=16) das intrusões tabulares mapeadas na área. Em geral, elas apresentam direções preferenciais 145°-150°, com mergulhos subverticais. O sistema de fraturas medido nas intrusões tabulares de lamprófiros varia predominantemente entre 30° e 45°. Este sistema de fraturas (n=23) mergulha preferencialmente cerca de 60° para NW. Cerca de 50% (n=8) das intrusões de lamprófiros ocorrem no setor leste, sem nenhuma direção ou mergulho preferencial observado. O sistema de fraturas nas intrusões tabulares de lamprófiros do setor leste tem direção predominantemente 40°-45° com mergulhos inclinados (cerca de 60°) para NW. Vale ressaltar, no entanto, que estes resultados baseiam-se em apenas algumas poucas medidas (n=10). Cerca de 50% (n=8) das intrusões de lamprófiros ocorrem no setor oeste, com uma direção preferencial para 150°-155° e mergulhos muito inclinados (cerca de 78°) para SW. O sistema de fraturas (n=13) nas intrusões tabulares de lamprófiros do setor oeste tem direção predominantemente 30°-35°, com mergulhos subverticais. A Tabela 2 sumariza todos os dados estruturais apresentados nesta seção.

Tabela 2: Dados estruturais das intrusões tabulares mapeadas na área de lavra da Pedreira Vigné Ltda..

<b>Litotipo</b>	<b>Setor Direção</b>		<b>Mergulho Sistema</b>	<b>de fraturas Direção</b>		<b>Mergulho</b>
Traquito porfirítico (n=113)	-	110°-115°	subverticais	n = 97	110°-115°	variáveis
Traquito porfirítico (n=38)	leste	130°-135° 165°-170°	subverticais	n = 29	60°-65° 130°-135°	12° NW
Traquito porfirítico (n=75)	oeste	110°-115°	variáveis	n = 68	110°-115°	36° NE
Traquito afírico (n=54)	-	70°-75°	subverticais	n = 49	125°-130°	42° NE
Traquito afírico (n=11)	leste	variáveis	variáveis	n = 8	80°-85°	subverticais

Traquito afríco (n=43)	oeste	70°-75° 130°-135°	subverticais	n = 41	125°-130°	42° NE
Lamprófiro (n=16)	-	145°-150°	subverticais	n = 23	30°-35°	60° NW
Lamprófiro (n=8)	leste	variáveis	variáveis	n = 10	40°-45°	60° NW
Lamprófiro (n=8)	oeste	150°-155°	78° SW	n = 13	30°-35°	Subverticais

## 5. CONCLUSÕES

Os dados coletados durante a execução do projeto permitem concluir que a área sob estudo inclui um ambiente geológico de características vulcânicas.

Os eventos vulcânicos da área inserem-se, em escala regional, num contexto geodinâmico associado à formação do Lineamento Magmático Poços de Caldas-Cabo Frio (Almeida, 1991) do Cretáceo Superior (Ulbrich & Gomes, 1981), conforme apresentado no capítulo 2 deste relatório.

De um modo geral, a atividade magmática relacionada ao lineamento é predominantemente plutônica. Deste modo, o ambiente vulcânico da área de estudo apresenta-se como uma feição singular dentro da atividade magmática alcalina do Cretáceo Superior no sudeste do Brasil.

No mapa geológico foram identificados litotipos vulcânicos, hipabissais e plutônicos, encaixados em gnaisses regionais (Anexos I e II). Estes litotipos foram agrupados em unidades de mapeamento com base nos dados obtidos no campo e na análise petrográfica. Esta última permitiu discriminar fácies para alguns dos litotipos mapeados e, sempre que possível, as mesmas foram representadas no mapa geológico.

As unidades vulcânicas descritas compõem-se principalmente de rochas piroclásticas (brechas, lapilitos e aglomerados, em ordem de abundância) e, subordinadamente, por derrames de lavas traquíticas. As unidades hipabissal e plutônica são representadas, respectivamente, por intrusões tabulares (traquitos, lamprófiros e basaltos, em ordem de abundância) e sienitos de texturas variadas (equigranulares e inequigranulares porfiríticos). Os estudos de campo e petrográficos foram suficientes à definição do ambiente geológico da área, atendendo os objetivos propostos, não tendo sido necessárias análises litogeoquímicas.

Os dados acima permitem concluir que a área de estudo insere-se num ambiente vulcânico de atividade mista, ou seja, caracterizado pelo extravasamento de lavas traquíticas e produtos piroclásticos, contemporaneamente ou não.

As lavas traquíticas encontram-se subordinadas às rochas piroclásticas mapeadas e, de um modo geral, subjacentes a estas últimas. O processo erosivo pouco intenso preservou o edifício vulcânico como também expôs as lavas traquíticas subjacentes, principalmente ao longo das drenagens. No sudeste da área mapeada, nos domínios do Parque Municipal de Nova Iguaçu, esta relação litoestratigráfica pode ser observada em afloramento (afloramento VNI127).

Os estudos geológicos realizados na área de lavra da Pedreira Vigné Ltda. basearam-se em levantamento cartográfico em escala de detalhe (1:1.000) feitos anteriormente e em visitas aos afloramentos realizadas durante este projeto.

Na lavra da Pedreira Vigné foram identificados três litotipos principais: sienitos equigranulares e inequigranulares, brechas polimíticas e traquitos porfiríticos, além de intrusões tabulares variadas. As estruturas de fluxo magmático observadas, como lineação de fluxo e enclaves com formato hidrodinâmico encontrados em alguns traquitos porfiríticos, corroboram a

origem vulcânica dos mesmos, conforme observações realizadas em outros afloramentos na área de estudo.

As rochas plutônicas, representadas pelos sienitos, predominam na área de exploração da Pedreira Vigné Ltda., aflorando aproximadamente 70% da lavra. Esse litotipo ocorre predominantemente na praça atual e se apresenta como um corpo com direção aproximadamente norte-sul dentro dos limites da lavra.

Os termos vulcânicos são representados predominantemente pelo traquito porfirítico cinza-claro, que ocorre numa faixa de extensão decamétrica, cortando a praça atual segundo uma orientação aproximadamente leste-oeste. Eles perfazem cerca de 20% das rochas aflorantes e ocorrem mais freqüentemente nas cotas mais elevadas da área de exploração, em geral acima da bancada 155. Lavas de pórfiro-traquito e traquito porfirítico lilás ocorrem mais subordinadamente, perfazendo ambas, cerca de 1% da área da lavra. Estes dois tipos traquíticos estão limitados às cotas mais elevadas da lavra, próximo à bancada 245, na porção sul da área de exploração.

As brechas piroclásticas aflorantes na área de lavra são predominantemente polimíticas e se dispõem segundo uma orientação norte-sul na borda ocidental da pedreira entre as bancadas 245 e 265, perfazendo no máximo 10% das rochas aflorantes.

Intrusões tabulares são caracteristicamente pouco espessas (em geral, centimétricas), têm composição variada e cortam essas rochas nas direções principais 110-115; 70-75 e 145-150 com mergulhos subverticais. Estas intrusões representam menos que 1% das rochas presentes na área da lavra. O setor oeste da lavra apresenta principalmente intrusões de traquito porfirítico nas direções 130-135 e 165-170. No setor leste, predominam intrusões de traquito afírico com direções 70-75 e 130-135.

As estruturas presentes na área de estudo foram identificadas por meio de técnicas de fotointerpretação e análises estruturais feitas no campo. As estruturas encontradas são essencialmente rúpteis e representadas por lineamentos radiais e anelares, além de diferentes sistemas de fraturas e, mais subordinadamente, falhas.

Os lineamentos radiais e anelares são indicativos de presença de estruturas características de complexos vulcânicos. As fraturas estão relacionadas a eventos geológicos mais recentes que o evento vulcânico gerador das rochas mapeadas na área. As falhas deslocaram as rochas das unidades mapeadas segundo movimentos normais, reversos e também direcionais. No entanto, os blocos foram movimentados restritamente, muito embora *slickensides*, estruturas características de falhas, tenham sido observados em alguns afloramentos.

Na área de lavra da Pedreira Vigné Ltda. um sistema de fraturas com espaçamento variando de centímetros a metros, cortam as unidades litológicas em direções variadas, predominando no setor oriental da lavra direções 140-145/30NW e, no setor ocidental da lavra direções 10-15/subvertical.

Todas as conclusões apresentadas neste relatório final estão consubstanciadas nos seguintes produtos:

1. Mapa geológico (litológico e estrutural) em escala detalhada (1:10.000) georeferenciado impresso (Anexo I);
2. Mapa geológico (litológico e estrutural) em escala detalhada (1:10.000) georeferenciado em formato digital (Anexo II);
3. Banco de dados MSACCESS com os dados de campo, petrográficos e estruturais, além de acervo iconográfico, disponível em CD-ROM (Anexo III);

4. Acervo de rochas e respectivas lâminas petrográficas de cerca de 120 amostras, disponíveis para consulta no Departamento de Geociências da UFRRJ.

## 6. RESPOSTAS ÀS QUESTÕES DO TAC

A questões formuladas no Termo de Ajustamento de Conduta da Pedreira Vigné Ltda. podem ser respondidas com base nos estudos empreendidos na área, conforme a seguir:

**QUESTÃO 1:** Existe algum corpo vulcânico delimitado na porção aflorante da área de concessão?

**RESPOSTA:** Sim. O edifício vulcânico de Nova Iguaçu é constituído por derrames de lavas traquíticas e rochas piroclásticas que compreendem, respectivamente, cerca de 0,4 Km<sup>2</sup> e 2,6 Km<sup>2</sup> do total da área mapeada. Na área de lavra ocorrem sienitos indiferenciados, lavas traquíticas e brechas polimíticas. Uma estimativa visual do mapa geológico indica que as lavas de traquito afloram em cerca de 20% do total da área de lavra, na parte centro-sul e sul da área; as brechas polimíticas afloram em cerca de 3 a 4% da área de lavra, na sua porção oeste-sudoeste.

**QUESTÃO 2:** No caso de uma resposta afirmativa para a pergunta 1: este corpo possui constituição de algum modo singular que o caracterize como um patrimônio geológico a ser preservado, conforme as definições propostas pela UNESCO, qual seja, os Patrimônios Naturais são considerados monumentos constituídos por formações físicas, biológicas, geológicas e fisiográficas, assim como as áreas que constituem o *habitat* de espécies vegetais e animais ameaçados de extinção e os lugares ou regiões naturais estritamente delimitadas, que tenham valor universal excepcional do ponto de vista da ciência, da conservação ou da beleza natural (Convenção para a Proteção do Patrimônio Mundial Cultural e Natural, UNESCO, 1972, Paris)? A definição de Patrimônio Geológico pressupõe preservação, conservação e proteção de afloramentos únicos, seções de formações geológicas, sítios paleontológicos, estilos de deformação, dentre outros, de indubitável valor científico e singularidade. São exemplos didáticos e testemunhos da história geológica, indispensáveis para a difusão e socialização do conhecimento em geral. O patrimônio geológico é um bem comum, de características não renováveis e que exige um programa de gestão científica para sua preservação.

**RESPOSTA:** O edifício vulcânico de Nova Iguaçu pode ser considerado um Patrimônio Geológico, na medida que é constituído por afloramentos únicos e seções de formações geológicas de indubitável valor científico e singularidade e, por conseguinte, deve ser preservado. As rochas do edifício vulcânico perfazem 36% da área mapeada, sendo que as lavas traquíticas contribuem com 5%, as brechas com 25%, os lapilitos com 5% e os aglomerados com 1% deste total. Deve ser considerado, entretanto, que a porção do corpo vulcânico aflorante na área da Pedreira Vigné Ltda. inclui somente lavas de traquito e brechas polimíticas. Proporcionalmente, expressivos volumes de lava traquítica afloram fora da área de lavra, o que não ocorre no caso das brechas polimíticas, que afloram somente na área de concessão (bancadas 245 a 265). Os traquitos aflorantes na área de lavra da Pedreira Vigné Ltda. correspondem a 1% do total de rochas vulcânicas, enquanto que as brechas polimíticas correspondem a muito menos que 1% do total das brechas piroclásticas mapeadas na área de estudo. Assim, o volume lavrado nos domínios das lavas traquíticas, não deve ser considerado como uma ameaça à preservação de feições geológicas singulares, entretanto as brechas polimíticas, que só ocorrem na área de

concessão, necessariamente devem ser preservadas. Ademais, a maior parte de rochas aflorantes na Pedreira Vigné, é representada por rochas plutônicas, a saber, sienitos.

QUESTÃO 3: No caso de uma resposta afirmativa para a pergunta 2: a preservação deste patrimônio implica: a) a interrupção da atividade mineradora; b) o redimensionamento do atual plano de lavra; c) a manutenção do atual plano de lavra?

RESPOSTA: A preservação do patrimônio implica no redimensionamento do atual plano de lavra. Sob o ponto de vista estritamente técnico, um novo plano de lavra para a Pedreira Vigné Ltda. deve ser elaborado. Este plano deve considerar as seguintes perspectivas: a. Restrição da lavra às atuais praça e sete bancadas expostas (isto é, praça, e cotas 40, 66, 97, 117, 137, 155 e 185) e paralisação da lavra nas bancadas 245, 255 e 265 a oeste. Isto deverá garantir a preservação das lavas traquíticas não lavradas e, principalmente, das brechas polimíticas.

b. O redimensionamento do atual plano de lavra deve estar inserido num projeto de descomissionamento. Este projeto deve ser elaborado de modo a limitar a lavra a sul a uma bancada final com assoalho numa cota máxima de 220m. Isto deverá garantir a preservação das lavas traquíticas que afloram a sul da atual área de lavra. A expansão da lavra a oeste, leste e norte deverá estar restrita aos atuais limites da concessão e ao exposto no item 1 acima.

## Referências bibliográficas

- ALMEIDA, F.F.M. 1991. O alinhamento magmático de Cabo Frio. *Atas do 2º Simpósio de Geologia do Sudeste*, São Paulo, 423-428.
- BARD, J.P. 1986. *Microtextures of Igneous and Metamorphic Rocks (Petrology and structural geology)*. D. Reidel Publishing Company, Holland. 264 p.
- BEST, M.G.; 1982 – *Igneous and Metamorphic Petrology*. Blackwell Science, Cambridge, England. 630 p.
- FAINSTEIN, R. & SUMMERHAYES, C.P. 1982. Structure and origin of marginal banks off eastern Brazil. *Marine Geology*, 46: 199-215.
- FERREIRA, E.O., ANGEIRAS, A.G. & ARAÚJO, G.G. 1965. Roteiro geológico ao maciço do Gericinó. *Avulso do DNPM/DFPM*, 38: 3-41.
- GUERRA, A.T. & GUERRA, A.J.T., 1997. *Novo dicionário geológico-geomorfológico*. Bertrand editora. Rio de Janeiro. 652p.
- GIBSON, S.A., THOMPSON, R.N., LEONARDOS, O.H., DICKIN, A.P. & MITCHELL, J.G. 1995A. The Late Cretaceous impact of the Trindade mantle plume - Evidence from large-volume, mafic, potassic magmatism in SE Brazil. *Journal of Petrology*, 36: 189-229.
- GIBSON, S.A., THOMPSON, R.N., DICKIN, A.P. & LEONARDOS, O.H. 1995B. High-Ti and low-Ti mafic potassic magmas: Key to plume-lithosphere interactions and continental flood-basalt genesis. *Earth and Planetary Science Letters*, 136: 149-165.
- GIBSON, S.A., THOMPSON, R.N., WESKA, R.K., DICKIN, A.P. & LEONARDOS, O.H. 1997. Late Cretaceous rift-related upwelling and melting of the Trindade starting mantle plume head beneath western Brazil. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 126: 303-314.
- HALL, A.; 1989. *Igneous Petrology*. Longman Group Limited, London. 551 p.
- HAMILTON, D.L. & MACKENZIE, W.S. 1965. Phase equilibrium studies in the system NaAlSiO<sub>4</sub> (nepheline)-KAlSiO<sub>4</sub> (kalsilite)-SiO<sub>2</sub>-H<sub>2</sub>O. *Mineralogical Magazine*, 34: 214-231.
- HASUI, Y., CARNEIRO, C.D.R., COIMBRA, A.M. 1975. The Ribeira Folded Belt. *Revista Brasileira de Geociências*, 5: 257-266.
- HAWKESWORTH, C.J., GALLAGHER, K., KELLEY, S., MANTOVANI, M., PEATE, D.W., REGELOUS, M.; ROGERS, N.W. 1992. Paraná magmatism and the opening of the South Atlantic. In: B.C. STOREY, T. ALABASTER & R.J.
- PANKHURST (eds). 1992. Magmatism and the causes of continental break-up. Special Publication of the Geological Society of London, 68: 221-240.
- HELMBOLD, R. 1967. Resumo da geologia do Estado da Guanabara. *Relatório da Comissão Especial do CNPq*, 5: 31-34.

- HELMBOLD, R. 1968. Basic and alkaline intrusions in the State of Guanabara, Brazil. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 40 (supl.): 183-185.
- HELMBOLD, R., VALENÇA, J.G. & LEONARDOS JR., O.H.L. 1965. *Mapa geológico do Estado da Guanabara, escala 1:50,000*. MME/DNPM, Rio de Janeiro, 3 fls.
- HERZ, N. 1977. Time of spreading in the South Atlantic, information from Brazilian alkalic rocks. *Geological Society of America Bulletin*, 88: 101-112.
- KLEIN, V.C. & MONTALVANO, J.L. 1985. Hackmanita das rochas alcalinas das Serras do Mendanha e de Madureira, Rio de Janeiro. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 57: 169-173.
- KLEIN, V.C. & VALENÇA, J.G. 1984. Mecanismo de colocação de brechas fluidizadas na área de Cabuçu (complexo alcalino do Mendanha), Rio de Janeiro. *Anais do 33º Congresso Brasileiro de Geologia*, Rio de Janeiro, SBG/RJ, 4355-4361.
- KLEIN, V.C., VALENÇA, J.G. & VIEIRA, A.C. 1984. Ignimbritos do vulcão de Nova Iguaçu e da “Chaminé do Lamego”, Rio de Janeiro. *Anais do 33º Congresso Brasileiro de Geologia*, Rio de Janeiro, SBG/RJ, 4346-4354.
- KLEIN, V.C., 1993. O Vulcão Alcalino de Nova Iguaçu (Estado do Rio de Janeiro): Controle Estrutural e Processo de Erupção. Rio de Janeiro–RJ–Brasil. Tese de doutorado.
- LEINZ, V. & AMARAL, S.E., 1998. Geologia Geral. 13ª edição. Companhia Editora Nacional. São Paulo. 399p.
- MARSH, J.S. 1973. Relationships between transform directions and alkaline igneous rock lineaments in Africa and South America. *Earth and Planetary Science Letters*, 18: 317-323.
- MENEZES, S.O. & KLEIN, V.C. 1973. Ocorrências de barita em áreas adjacentes a maciços de rochas alcalinas no Estado do Rio de Janeiro. *Mineração e Metalurgia*, 345: 12-16.
- MIDDLEMOST, E.A.K., 1985. Magmas and magmatic rocks. An introduction to igneous petrology. Longman Group Limited.
- SONOKI, I.K. & GARDA, G.M. 1988. Idades K-Ar de rochas alcalinas do Brasil Meridional e Paraguai Oriental: compilação e adaptação as novas constantes de decaimento. *Boletim IG-USP, Série Científica*, 19: 63-85.
- TEIXEIRA, W., TOLEDO, M.C., FAIRCHILD, T.M., TAIOLI, F. 2000. Decifrando a Terra. Oficina de textos. São Paulo-SP. 558 p.
- THOMAZ FILHO, A. MISUZAKI, A.M.P., MILANI, E.J., CISERO, P., 2000. Rifting and magmatism associated with the South America and Africa Break-up. *Revista Brasileira de Geociências*, 30(1):17-19.
- THOMPSON, R.N.; GIBSON, S.A.; MITCHELL, J.G.; DICKIN, A.P.; LEONARDOS, O.H.; BROD, J.A.; GREENWOOD, J.C. 1998. Migrating Cretaceous-Eocene magmatism in the Serra do Mar Alkaline Province, SE Brazil: The dog-legged track of devious Trindade mantle plume. VSG-Minsoc'97, Cambridge, *Journal of Conference Abstracts*, 2: 76.
- ULBRICH, H.H.G.J. (1986) – As brechas de origem ígnea: Revisão e proposta para uma classificação geológica. *Boletim IG USP*, 3: 1-83.
- ULBRICH, H.H.G.J. & GOMES, C.B. 1981. Alkaline rocks from continental Brazil. *Earth-Science Reviews*, 17: 135-154.
- VALENTE, S. C., ELLAM, R. L., MEIGHAN, I. G., FALLICK, A. E. 1998. Petrogênese dos diques alcalinos do Rio de Janeiro e a natureza dos processos mantélicos no Cretáceo Superior sob a Serra do Mar, RJ Anais do XL Congresso Brasileiro de Geologia, 1998, Belo Horizonte, 1:486- 486.
- WESTRA, G.; KEITH, S. B. 1981. Classification and genesis of stockwork molybdenium deposits. *Econ. Geol.*, 76: 844 – 873.
- YODER, H.S. & TILLEY, C.E. 1962. Origin of basalt magmas: An experimental study of natural and synthetic rock systems. *Journal of Petrology*, 3, 342-532.