

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO E DO DESPORTO
UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL

Escola de Engenharia

Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Minas, Metalúrgica e de Materiais-PPGEM

**GEOLOGIA, CONTROLES E GUIAS PROSPECTIVOS DOS
DEPÓSITOS DE ÁGATA NA REGIÃO DE SALTO DO JACUÍ (RS)**

Roberto Heemann

Dissertação para obtenção do título de Mestre
em Engenharia

Porto Alegre

1997

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO E DO DESPORTO
UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL

Escola de Engenharia

Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Minas, Metalúrgica e de Materiais-PPGEM

GEOLOGIA, CONTROLES E GUIAS PROSPECTIVOS DOS
DEPÓSITOS DE ÁGATA NA REGIÃO DE SALTO DO JACUÍ (RS)

Roberto Heemann

Geólogo

Trabalho realizado no Departamento de Engenharia de Minas da Escola de Engenharia da UFRGS, dentro do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Minas, Metalúrgica e de Materiais - PPGEM, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Engenharia

Área de Concentração: Metalurgia extrativa / Tecnologia Mineral

Porto Alegre

1997

Esta Dissertação foi julgada adequada para obtenção do título de Mestre em Engenharia, área de concentração metalurgia extrativa e aprovada em sua forma final, pelo Orientador e pela Banca Examinadora do Curso de Pós-Graduação.

Orientador: Prof. Dr. Adelir José Strieder

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Jair Carlos Koppe - PPGEM - UFRGS

Prof. Dra. Gênova Maria Pulz - IGEO - UFRGS

Prof. Dra. Marcia Elisa Boscato Gomes - IGEO - UFRGS

Prof. Dr. Luís Frederico Pinheiro Dick

Coordenador do PPGEM

AGRADECIMENTOS

Ao professor Dr. Adelir José Strieder pelo estímulo, dedicação e esforço pessoal proporcionado.

Ao geólogo Claudir Kellermann pelo apoio nas atividades de campo e pelas valiosas discussões.

A Cooperágata pelo suporte e instalações no Município de Salto do Jacuí.

A Professora Dra. Marcia Elisa Boscato Gomes pelas valiosas contribuições nas descrições petrográficas.

A Professora Dra. Gênova Maria Pulz pelo incentivo para realizar essa dissertação.

Ao Professor Msc. Pedro Juchen pelo apoio e discussão dos aspectos petrográficos e das feições estruturais relacionadas.

A geóloga Adriane Fischer pelos comentários e discussões.

Aos geólogos Evandro Gottardo, Marcelo Seggiaro Andrade e demais colegas do LPM pelas sugestões e observações.

Em especial aos bolsistas de iniciação científica José Carlos Ribeiro, Leonardo Torres da Silva, Luís Pablo Carlin Diaz, Alexandro Rocha Scislewski e Sérgio Alfredo Buffon pelo auxílio na edição de mapas, figuras e no trabalho de campo junto as frentes de lavra.

A todos que colaboraram direta ou indiretamente na elaboração deste trabalho, o meu reconhecimento.

Dedico esse trabalho aos meus pais Gilberto e Beatriz, e aos meus irmãos Ricardo e Fernando
pelo apoio e incentivo

ÍNDICE

LISTA DE FIGURAS	i
LISTA DE TABELAS.....	iii
LISTA DE ABREVIATURAS E SÍMBOLOS	iv
RESUMO.....	v
ABSTRACT	vi
1. INTRODUÇÃO	1
1.1 Objetivos	2
1.2 Localização e acessos.....	3
1.3 Aspectos fisiográficos.....	4
1.4 Metodologia.....	6
2. ENQUADRAMENTO GEOLÓGICO REGIONAL.....	8
2.1 Introdução.....	8
2.2 Caracterização dos tipos químicos de rochas vulcânicas da Fm. Serra Geral.....	11
2.3 Geocronologia dos derrames.....	15
3. QUADRO GEOLÓGICO LOCAL.....	17
3.1 Geologia dos derrames na região de abrangência.....	18
3.2 Histórico dos trabalhos mineiros na região de Salto do Jacuí (RS).....	19
3.3 Tipos comerciais de ágatas e tipos de ocorrência.....	19
3.4 Métodos de extração e aspectos ambientais.....	21
4. ESTRUTURAÇÃO DOS DERRAMES.....	24
4.1 Estruturação dos derrames na região de Salto do Jacuí-Sobradinho.....	24
4.2 Estruturação dos derrames em Salto do Jacuí.....	28
5. PETROGRAFIA DE LITOFÁCIES DOS DERRAMES	34
5.1 Petrografia de litofácies dos derrames na região de Salto do Jacuí-Sobradinho.....	34
5.1.1 Associação de Basalto intergranular.....	34
5.1.2 Associação de Basalto-dacito glomeropórfiro.....	38
5.1.3 Associação de Dacito.....	40
5.2 Petrografia de litofácies dos derrames em Salto do Jacuí.....	43

5.2.1 Basalto-dacito holocristalino inferior.....	43
5.2.2 Nível dacítico semi-vítreo inferior.....	46
5.2.3 Nível vesículo-amigdaloidal basáltico portador.....	47
5.2.4 Nível vesicular dacítico.....	52
5.2.5 Nível dacítico semi-vítreo superior.....	54
5.2.6 Dacito glomeropórfiro.....	55
6. GEOQUÍMICA.....	57
6.1 Introdução.....	57
6.2 Geoquímica dos derrames na região de Salto do Jacuí-Sobradinho.....	59
6.3 Geoquímica da sucessão vulcânica da região de Salto do Jacuí.....	67
7. CONTROLE DA MINERALIZAÇÃO.....	72
7.1 Controle das ocorrências de ágata.....	72
7.2 Quadro comparativo com a Estrutura São Gabriel.....	75
7.2.1 Características estruturais dos depósitos.....	75
7.2.2 Guias prospectivos regionais.....	77
7.2.3 Correlação entre as Estruturas Jacuí e São Gabriel.....	78
7.3 Modelo de depósito mineral e guias prospectivos para as ocorrências de ágata.....	79
7.4 Avaliação preliminar do processo de mineralização.....	89
8. CONCLUSÕES	95
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	98
APÊNDICES.....	107
ANEXO 1 - ANÁLISES QUÍMICAS	
ANEXO 2 - MODELO DIGITAL DE ELEVAÇÃO DA ÁREA	
ANEXO 3 - MAPA GEOLÓGICO	

LISTA DE FIGURAS

1.1 Mapa de localização da área do Projeto Ágata.....	3
1.2 Modelo digital de elevação da área do Projeto Ágata.....	5
2.1 Feições geológicas e estruturas da Bacia do Paraná	8
2.2 Mapa geológico-estrutural e de isópacas da Fm. Serra Geral.....	10
2.3 Coluna estratigráfica das vulcânicas da Fm. Serra Geral	14
2.4 Seção estratigráfica interna dos tipos magmáticos da Fm. Serra Geral.....	16
4.1 Perfil esquemático da estruturação dos derrames em nível regional.....	26
4.2 a <i>Boulders</i> areníticos e dacíticos da região de Estrela Velha	26
4.2 b Contato entre o intertrape de arenito da Fm. Botucatu da cota de 200 m e o nível de <i>boulders</i> da região de Estrela Velha.....	27
4.2 c Fotografia dos <i>boulders</i> que ocorrem na região de Sobradinho.....	27
4.3 Fotografia das frentes de lavra da região de Salto do Jacuí.....	28
4.4 Coluna estratigráfica proposta para a região de Salto do Jacuí.....	29
4.5 Fotografia do nível dacítico inferior associado com diques de arenito e material vítreo.....	30
4.6 Fotografia de frente de lavra de exploração do basalto portador (P).....	32
4.7 Fotografia das estruturas do tipo <i>boulders</i> da região de Salto do Jacuí.....	32
4.8 Fotografia do nível dacito semi-vítreo superior (DSVS).....	33
4.9 Fotografia do padrão de fraturas verticais do dacito superior (DS).....	33
5.1 Fotografia de brecha vulcânica com matriz calcítica basalto intergranular (R1).....	36
5.2 Brecha vulcânica constituída por clastos de arenito e basalto intergranular.....	36
5.3 Fotografia de amostra macroscópica do basáltico inferior (BI) de Salto do Jacuí.....	44
5.4 Fotografia de amostra macroscópica do dacito inferior (DI) de Salto do Jacuí.....	45
5.5 Amostra do nível nível dacítico semi-vítreo (DSV) de Salto do Jacuí.....	46
5.6 Fotografia do basalto portador (P)	48
5.7 Fotografia de encrave de dacito semi-vítreo	48
5.8 Fotografia de porção com formato de geodo constituída por lentes entrelaçadas de basalto portador e arenito fino	51
5.9 Fotografia de bloco de arenito com forma de geodo	51

5.10 Fotografia de amostra típica do dacíto semi-vítreo superior (DSVS).....	54
5.11 Fotografia do padrão de fraturas anastomosadas do dacito superior (DS).....	55
5.12 Fotografia de amostra típica do dacito superior (DS).....	56
6.1 Gap da sílica.....	61
6.2 Diagrama álcalis x sílica (Cox <i>et al</i> , 1979).....	62
6.3 Diagrama $\log Zr/TiO_2-SiO_2$ de classificação das rochas vulcânicas (Winchester & Floyd, 1977).....	63
6.4 Diagrama álcalis (Na_2O+K_2O) x SiO_2 (Irvine & Baragadar, 1971).....	64
6.5 Diagrama ternário AFM ($Na_2O+K_2O-FeO_t-MgO$) (Irvine & Baragadar, 1971).....	64
6.6 Diagramas de variação de elementos traço do tipo <i>Spider</i> para os grupos regionais e níveis locais da região de Salto do Jacuí-Sobradinho.....	69
6.7 Diagramas de variação dos elementos terras raras para os níveis regionais e níveis locais da região de Salto do Jacuí- Sobradinho.....	70
6.8 Diagramas discriminantes dos tipos binário e ternário para os grupos lito-químicos regionais e locais da região de Salto do Jacuí-Sobradinho.....	71
7.1 Fotografia de geodos de ágata e diques areníticos do nível portador.....	73
7.2 Porções com forma de geodo que ocorrem no derrame basáltico portador.....	73
7.3 Fotografia de detalhe dos encraves de dacíto semi-vítreo vesicular que ocorrem no nível basáltico portador.....	74
7.4 Amostra de brecha vulcânica do nível portador.....	74
7.5 Perfil esquemático da estruturação das unidades líticas que compõem as frentes de lavra da região de Salto do Jacuí.....	84
7.6 Croqui esquemático das estruturas e tipos de geodo do derrame portador (P).....	85
7.7 a-b Diques de material vítreo e/ou de arenito que ocorrem inseridos no derrame portador (P).....	86
7.7 c Detalhe de dique composto por lentes de arenito e material vítreo.....	87
7.8 Diques de material vítreo conectados com porções com formato de geodo.....	87
7.9 Porções com formato de geodo com lentes de calcedônia.....	88
7.10 Geodo com lentes de calcedônia e material vítreo (base) + quartzo hialino (topo).....	88
7.11 Fotografia de detalhe dos <i>boulders</i> da região de Estrela Velha.....	90

LISTA DE TABELAS

1.1 Produção mensal de minério por garimpo (COOPERÁGATA).....	2
2.1 Divisão regional da Bacia do Paraná em relação aos lineamentos regionais.....	11
2.2 Classificação dos tipos químicos das rochas vulcânicas da Fm. Serra Geral.....	13
3.1 Classificação dos geodos quanto ao peso.....	19
3.2 Classificação dos geodos quanto ao preenchimento.....	19
3.3 Classificação dos geodos quanto ao tipo e disposição.....	19
6.1 Valores da moda estatística dos teores obtidos nas análises químicas para os elementos maiores, discriminados para os níveis locais e regionais.....	59
6.2 a-b Valores da moda estatística dos teores obtidos nas análises químicas para os elementos traço, discriminados para os níveis locais e regionais.....	60
6.3 a-b Valores da moda estatística dos teores obtidos nas análises químicas para os elementos terras raras, discriminados para os níveis locais e regionais.....	60
6.4 Comparação entre a variação dos teores do tipo químico Gramado (Peate, 1992) com os teores obtidos para os derrames básicos regionais e locais.....	66
7.1 Níveis guias prospectivos locais.....	82
7.2 Guias prospectivos regionais.....	82
7.3 Guias prospectivos específicos para exploração do derrame basáltico portador.....	83
7.4 Comparação dos valores das razões entre elementos imóveis para os grupos geoquímicos regionais e locais.....	94

LISTA DE ABREVIATURAS E SÍMBOLOS

- AC- Ácidas tipo Chapecó
- AFC- Assimilation Fractional Crystallization*
- AP- Ácidas tipo Palmas
- APT- Alto P₂O₅ e TiO₂
- BAT- Basalto alto TiO₂
- BBT- Basalto baixo TiO₂
- BI- Basalto inferior
- BPC- Bacia do Paraná Central
- BPN- Bacia do Paraná Norte
- BPS- Bacia do Paraná Sul
- BPT- Baixo P₂O₅ e TiO₂
- CFB- Continental Flood Basalt*
- DI- Dacito Inferior
- DS- Dacito Superior
- DSV- Dacito Semi-Vítreo
- DV- Dacito Vesicular
- EJ- Estrutura Jacuí
- ESG- Estrutura São Gabriel
- ETR- Elementos Terras Raras
- HFSE- High Field Strength Elements*
- IPT- Intermediário P₂O₅ e TiO₂
- LILE- Large Ion Lithophile Elements*
- LOI- Loss On Ignition*
- Ma- Milhões de anos
- P- Derrame portador dos geodos de ágata
- R1- Grupo regional 1 - derrames básicos
- R2A- Grupo regional 2 - derrames ácidos
- R2B- Grupo regional 2 - derrames básicos
- R3- Grupo regional 3 - derrames ácidos

Errata

Página 66 – 6.7a ⇒ 6.6a
6.7c ⇒ 6.6c
6.8b ⇒ 6.7b

Página 67 – 6.7f ⇒ 6.6f
6.8f ⇒ 6.7f
6.9 ⇒ 6.8f
6.7e ⇒ 6.6e

Figura 6.7– Legenda 6.7e ⇒ R1 e P
Legenda 6.7f ⇒ R2B, BI e P

RESUMO

A área de estudo está localizada na porção central do Estado do Rio Grande do Sul, extremo sul do Brasil. Os depósitos de geodos de ágata ocorrem em derrames de basalto toleítico da Fm. Serra Geral, Cretáceo Inferior. O vulcanismo da Fm. Serra Geral estende-se sobre uma área de 1.200.000 Km² na América do Sul. Os derrames basálticos cobrem os arenitos eólicos da Fm. Botucatu; mas, também ocorrem intertrapes de arenitos eólicos entre as unidades de basalto. Estudos geológicos detalhados foram desenvolvidos na região onde ocorrem os mais importantes depósitos do tipo geodo de ágata, a região de Salto do Jacuí (RS). O objetivo principal desse trabalho é determinar um modelo geológico para as unidades mineralizadas e os guias prospectivos mais importantes na região de Salto do Jacuí. Os geodos são grandes fontes de ágata, de ametista e de diversos tipos de cristais e fornecem um material gemológico para a indústria joalheira e ornamental e espécimes para colecionadores.

O mapeamento geológico da área mineralizada foi combinado com o controle regional da distribuição dos derrames, baseado em relações petrográficas, estruturas vulcânicas e características geoquímicas. A geologia da região de Salto do Jacuí - Sobradinho é caracterizada por três grupos regionais de basaltos a dacitos. Os três grupos ocorrem a partir do topo da Fm. Botucatu, que aflora na cota altimétrica de 80 m. Esses grupos são separados por intertrapes de arenito da Fm. Botucatu das cotas altimétricas de 200 e 400 m. O grupo intergranular (R1) ocorre entre as cotas de 80 m e 200 m; o grupo basáltico glomeropórfiro (R2) ocorre da cota de 200 m até a cota de 380 m; e o grupo dacítico superior (R3) a partir da cota de 400 m. O primeiro grupo regional (R1) é básico e tem caracteristicamente uma textura intergranular forte. O segundo grupo (R2) é caracterizado por derrames basálticos glomeropórfiros, que ocorrem associados com diques/*sills* dacíticos. O grupo mais superior (R3) é um dacito holocristalino com um padrão de fraturas anastomosadas.

Por meio do mapeamento geológico-estrutural das principais pedreiras de ágata, foi definida a seqüência vulcânica da região de Salto do Jacuí. A seqüência é formada por seis unidades básicas a dacíticas: 1) dacito inferior (DI); 2) basalto holocristalino inferior (BI); 3) dacito semi-vítreo (DSV); 4) basalto toleítico portador (P); 5) dacito vesicular (DV) e 6) dacito superior (DS). Os depósitos de ágata ocorrem em um derrame basáltico toleítico vesículo-amigdaloidal (P), denominado de Derrame Jacuí. Os geodos são preenchidos por: calcedônia (ágata), quartzo, onix, calcita, zeolita, gipsita e ametista.

Ocorrem três horizontes guias principais: 1) o basalto vesículo-amigdaloidal portador (Derrame Jacuí), que ocorre entre o 2) dacito semi-vítreo (DSV) e 3) o dacito vesicular (DV). Os procedimentos de prospecção definidos para esses depósitos incluem: identificação de estruturas interderrames e associações de rochas com diques de arenito, unidades de derrames vesiculares, brecha vulcânica, unidade semi-vítrea, zonação de vesículas e geodos, padrões petrográficos e disposição de aspectos locais, tais como: padrões de fraturas e paragêneses minerais.

ABSTRACT

The study area is located in central-northern of Rio Grande do Sul State, southernmost Brazil. The geode-type amethyst and agate deposits occur in tholeiitic basaltic flows of the Serra Geral Formation, Lower Cretaceous. The flood volcanism extends over an area of 1,200,000 Km² in the South America. The flood basalts overlie the eolian Botucatu sandstones; but, there also occur eolian sandstones beds interlayered with basalt units. Detailed geological studies have been developed in part of the most important Brazilian agate geode-type gemstone deposits, the Salto do Jacuí region (RS). The main purpose of this work is to determine a geological model for mineralized units and the most important prospective guides in Salto do Jacuí region. The geodes are extensive sources of agate and rarely amethyst and diverse crystals, providing important gemological material for the jewelry industry and ornamental and collection specimens.

The geological mapping of mineralized area was combined with the regional scale control of the flows distribution, based on petrographic relationships, volcanic structures and geochemical characteristics. The geology of the Salto do Jacuí - Sobradinho region is characterized by three regional basaltic to dacitic groups. The three volcanic groups occur upward from the Botucatu Formation, that crops out to the 80 m altimetric cote. These groups are separated by Botucatu sandstones interflows at the altimetric cotes of 200 and 400 m. The intergranular (R1) group occurs from 80 m cote to 200 meters cote; the glomeroporphyric basaltic group (R2) occurs from 200 m cotes to 380 meters cote; and the uppermost dacitic group (R3), up to the 400 m cote. The first regional group (R1) is basic and has a characteristic intergranular texture. The second group (R2) is characterized by glomeroporphyritic basalt flows that occur associated with dacitic dikes. The uppermost group (R3) is a holocrystalline dacite with an anastomosing fracture pattern.

In the Salto do Jacuí district, were carried out detailed cross-sections along the most important agate quarries to define the volcanic sequence. The sequence is made up by six basaltic and dacitic units, that compose the stratigraphy of the Salto do Jacuí region: lower dacite (DI); lower basalt (BI); semi-glassy dacite (DSV); porter tholeiitic basalt (P); red upper vesicular dacite (DV) and the uppermost level of gray dacite flow (DS). The agate deposits are hosted in one individual vesiculo-amygdaloidal tholeiitic basaltic flow (P), located near the Jacuí River and named Jacuí Flow. There are many kinds of geodes fillings: chalcedony (agate), quartz, onix, calcite, zeolite, gipsite and amethyst.

There are three most important guide horizons: 1) the vesiculo-amigdaloidal porter basalt (Jacuí flow) that occur between the 2) semi-glassy dacite (DSV) and 3) the red vesicular dacitic unit (DV). The prospecting procedures defined to these deposits include: identification of outside structures and litologic association with sandstone dikes, vesicular flows units, volcanic breccia, semi-glassy unit, zoning of vesicles and geodes, petrographic patterns, and arrangement of local aspects, such as: fracture patterns and mineral assemblages.

1. INTRODUÇÃO

O Brasil é um dos maiores produtores de ágata do mundo. Além do Brasil, os principais países produtores são México, Rússia, África, Madagascar, Estados Unidos, Austrália e Uruguai (Mattos, 1974; Webster, 1983). No Brasil, os maiores depósitos estão localizados no Estado do Rio Grande do Sul, mais especificamente no município de Salto do Jacuí; outras ocorrências com expressão comercial têm sido registradas em Minas Gerais e Roraima.

Em Minas Gerais, as ocorrências são do tipo filonianas epitermais (tipo Guanajuato); em Diamantina, Cristalina e Jacobina as ametistas ocorrem em cavidades de granitos, arenitos e metamorfitos de baixo grau ricos em sílica (tipo Alpino); no Rio Grande do Sul, ocorre a paragênese silícea com ametista, quartzo incolor e calcedônia em depósitos tipo geodo em basalto (Bossi & Caggiano, 1974), semelhante aos depósitos de Pretória (sul da África), do Departamento de Artigas (norte do Uruguai) e de muitas ocorrências na Índia. Menos frequentemente ocorrem ametistas em filões de quartzo e pegmatitos, entretanto, sem importância econômica.

Dentre as várias utilizações da ágata, destaca-se: almofarizes, mancais para balança, pistões de ágata para bombas de lama (*inds*, cerâmica), ornamentação, etc. Os geodos de ágata com cristais de ametista e/ou citrino, calcita ou disseminação de minúsculos cristais de quartzo hialino que produzem um brilho intenso em contato com a luz são muito valorizados. A ágata é aproveitada também na indústria cerâmica (moinhos de argila), onde são empregados seixos de ágata com elevado grau de arredondamento e com diâmetro entre 0,5 e 6,0 polegadas (rolinha e rolão).

A ágata, variedade criptocristalina de quartzo, é constituída por um agregado bandado de calcedônia (Landmesser, 1988), formado por camadas concêntricas e/ou paralelas de fibras de quartzo (Cruz *et al.*, 1997). A ágata é um material poroso e por isso admite tingimento por meio de tratamento químico e térmico, que permitem a modificação ou a obtenção de outras cores completamente diferentes das originais (Juchen *et al.*, 1987).

Na região de Salto do Jacuí (RS), ocorre a ágata da variedade tipo Umbu, que representa a única ocorrência mundial desse tipo de calcedônia. A ágata tipo Umbu possui cor azul escuro homogênea, que é muito valorizada no mercado internacional de gemas ornamentais, e, por essa razão, é exportada em bruto principalmente para o Japão, Estados Unidos e Europa.

As áreas localizadas no Município de Salto do Jacuí, próximas às margens do Rio Jacuí e seus afluentes, são potenciais para a ocorrência de ágata. Entretanto, devido a ausência de levantamentos geológicos sistemáticos nas frentes de lavra e em escala regional, o conhecimento geológico sobre os controles do processo de mineralização e da caracterização

estrutural dos depósitos é fraco, sendo difícil estimar o potencial gemológico da região por meio da quantificação das reservas exploráveis e localização de áreas alvo.

1.1 Objetivos

Os principais objetivos desse projeto foram:

- i) caracterizar o tipo de depósito de ágata da região de Salto do Jacuí;
- ii) definir a estruturação dos derrames da região e, mais especificamente, do derrame portador dos geodos de ágata, por meio do mapeamento litológico-estrutural;
- iii) caracterizar geoquimicamente os diferentes níveis de basalto;
- iv) definir os controles e os principais guias prospectivos para esse tipo de depósito mineral.

A ausência de mapeamentos de detalhe na região e a falta de dados sobre o controle das ocorrências minerais e do comportamento espacial do derrame basáltico-andesítico portador dos geodos de ágata torna fundamental esse estudo de detalhamento. Além disso, a região ocupa um lugar de destaque no cenário brasileiro de exportações de gemas. A produção de geodos discriminada por garimpos, tipos de preenchimento e peso dos geodos está organizada e resumida conforme tabela 1.1.

As estimativas de produção foram ponderadas considerando que as dimensões de um túnel padrão aberto por garimpeiros tem, em média, 1,5 m de largura por 2,0-2,5 m de altura por 20-40 m de comprimento. Os dados utilizados na tabela 1.1 foram obtidos de galerias localizadas no centro, ou no meio do derrame portador, e indicam um teor aproximado de 240-250 Kg/m³ de geodos. Em relação ao teor total de geodos obtidos, 50-60% é constituído por cristais de quartzo e pequenos geodos denominados de rola e, no máximo, 20% da produção é constituída por geodos com preenchimento de ágata tipo Umbu (pedra de primeira qualidade), que é exportada em bruto. A quantidade de cristal de rocha deve ser extrapolada positivamente na análise estatística devido à escolha seletiva do garimpeiro, que reduz a presença de cristal de rocha no balanço final, considerando todo material explorado. A produção de pequenos geodos do tipo rolinha e rolão atingem até 400 toneladas por mês (1997).

Primeira	Segunda	Pedaco	Quartzo	Calcedão	Pedreira
7700	5400	5400	5500	350	Funda
22000	16000	28000	8000	1200	Aracá
17000	11500	11000	7500	1000	Tramontini

Tabela1.1 - Produção média mensal (toneladas) das três principais pedreiras em atividade na região de Salto do Jacuí, discriminando o tipo de geodo de ágata explorado. Fonte: COOPERÁGATA (1997).

Após definir a estratigrafia regional e local por meio da comparação de perfis regionais e da estruturação dos derrames que ocorrem na região de Salto do Jacuí, o nível basáltico portador e os derrames locais foram inseridos no contexto regional. Por meio da integração das características dos derrames em nível regional e local e da comparação das estruturas associadas às frentes de lavra, foram caracterizados os principais guias prospectivos da região de Salto do Jacuí e, conseqüentemente, delimitadas as áreas promissoras principais para exploração de ágata da região.

1.2 Localização e acesso

A área do projeto (Figura 1.1) abrange, ao norte, as cartas topográficas 1:50000 do serviço geográfico brasileiro (SGB) denominadas de Cascata do Ivaí (SH.22-V-C-11-1) e Nova Jacuí (SH.22-V-C-11-2), e, ao sul, as cartas Nova Palma (SH.22-V-C-11-3) e Sobradinho (SH.22-V-C-11-4).

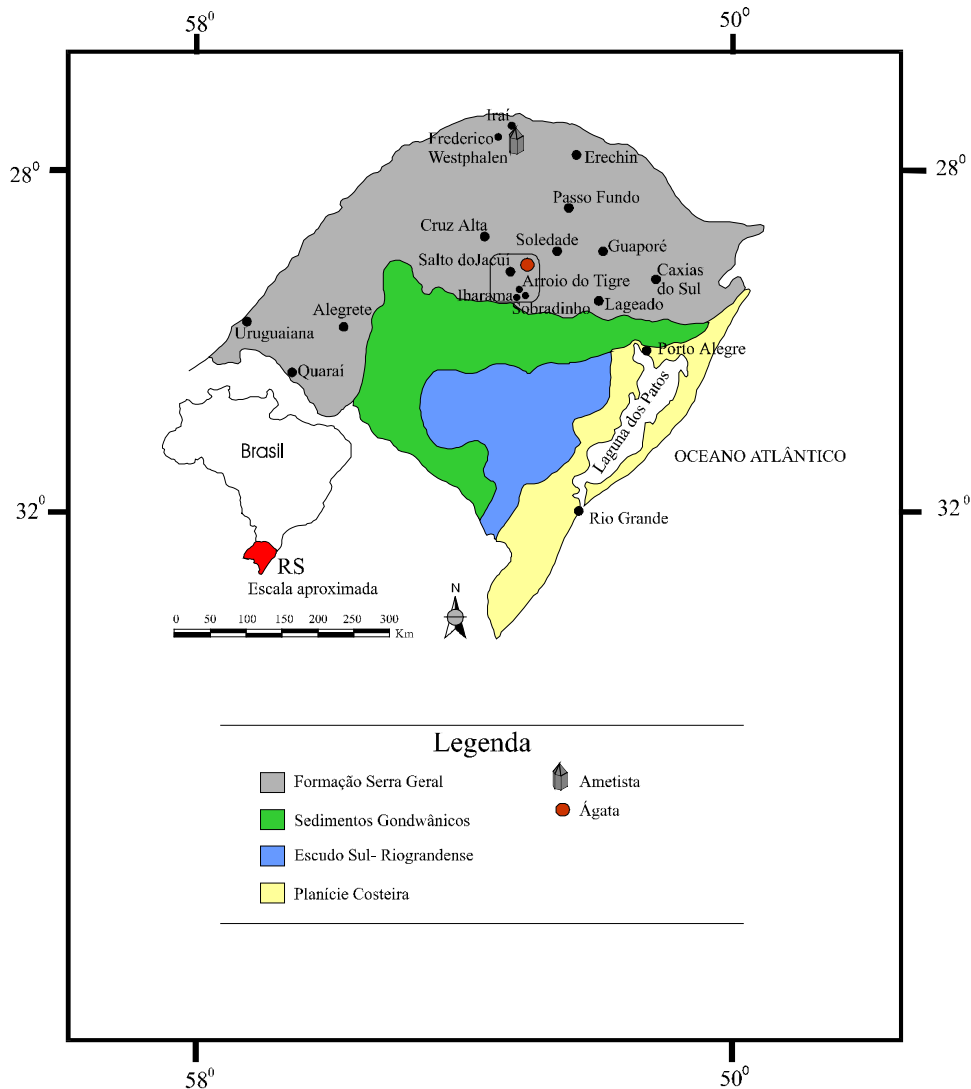


Figura 1.1 Mapa de localização da área do projeto

A área do projeto abrange as coordenadas 29°00' e 29°30' latitude sul e 53°30' e 53°00' latitude oeste, correspondendo a uma área de aproximada de 1700 Km². A área compreende os municípios de Salto do Jacuí, Estrela Velha, Arroio do Tigre, Ibarama e Sobradinho. Foram executados ainda perfis regionais ao sul e sudeste de Sobradinho, abrangendo também as cartas topográficas do SGB de Agudo (SH.22-V-C-V/2) e Candelária (SH.22-V-C-VI-1).

O acesso a área é feito, a partir de Porto Alegre, via Br-386 até a cidade de Montenegro. Em Montenegro, segue-se pela BR-287, passando pelas cidades de Venâncio Aires e Santa Cruz até Candelária, num trecho de aproximadamente 105 Km. Saindo de Candelária, é necessário percorrer mais 43 Km até o município de Sobradinho. De Sobradinho até Salto do Jacuí, por meio da RS-481, são mais 65 Km, em estrada não pavimentada, mas em bom estado de conservação. No município de Salto do Jacuí o acesso as frentes de lavra é feito por meio de trilhas que atravessam fazendas e, na maior parte, se localizam próximo as margens do Rio Jacuí.

1.3 Aspectos Fisiográficos

A área do projeto situa-se na província geomorfológica denominada Planalto Basáltico (Carraro *et al.*, 1974). As formas de relevo são condicionadas por fatores endógenos (litoestruturais) e exógenos (clima, vegetação, etc.). Os fatores exógenos atuam de forma homogênea na área, tornando os fatores endógenos preponderantes para caracterização geomorfológica. Dessa forma, em função da existência de uma homogeneidade litológica na área (sucessivos derrames basálticos a dacíticos), os aspectos estruturais são um dos responsáveis pela esculturação do relevo. A área pode ser dividida em duas sub-unidades com características morfo-estruturais diferenciadas (Figura 1.2).

Unidade 1: constituída por coxilhas suaves, que apresentam um solo espesso com um perfil completo e alguma vegetação arbustiva; a vegetação de grande porte (mata de galeria) está associada às drenagens. As drenagens têm padrão dentrítico e estão tectonicamente condicionadas pelas fraturas nos basaltos.

Unidade 2: constitui-se basicamente por morros e escarpas abruptas associadas às drenagens controladas por zonas de fraturas mais amplas delimitadas pelas margens dos principais cursos de água (rios Jacuí, Ivaí e Jacuízinho), e por drenagens de quarta e quinta ordem. A vegetação é constituída por árvores de médio à grande porte e o solo é pouco espesso. Os cursos d'água são aparentemente meandriformes e condicionados por fraturas/ falhas. As vertentes são do tipo convexa - linear.

Nos derrames ácidos, ocorrem estruturas plano paralelas horizontais e até mesmo verticais, de modo que os derrames formam anticlinais e sinclinais e condicionam uma topografia de morros circulares ou alongados, de forma semelhante a região de Soledade. As estruturas planares condicionam platôs (Szubert *et al.*, 1978b).

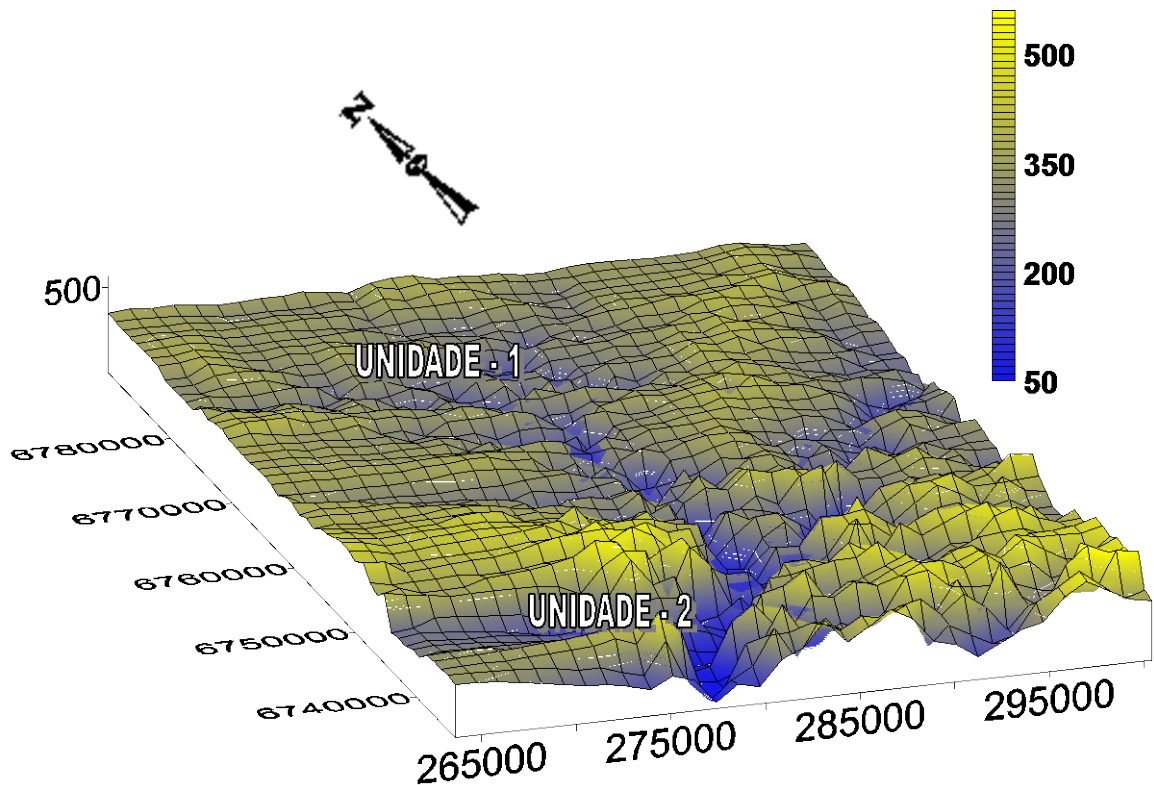


Figura 1.2 Modelo digital de elevação da área do projeto, caracterizando as unidades geomorfológicas com domínio de coxilhas suaves (unidade 1) e com domínio de morros e escarpas abruptas (unidade 2).

Na região de Ibarama, ocorrem desníveis topográficos bem acentuados principalmente ao longo dos rios Jacuí e Jacuizinho. A parte central e oeste da região tem topografia mais plana, com platôs extensos acima da altitude de 400 m. Os processos erosivos que atuaram a partir do período Terciário formaram vales fechados em forma de "V", que dificultam o estabelecimento de depósitos de encosta (talus) epressivos para escala de mapeamento. A metade sul do Vale do Rio Jacuí é mais larga, pois a erosão seccionou a Fm. Serra Geral e fez aflorar a Fm. Botucatu. A redução da velocidade de fluxo (competência) dos afluentes do Rio Jacuí causa a deposição de sua carga sedimentar mais grossa e a conseqüente formação das ilhas que ocorrem nessas posições no Rio Jacuí.

1.4 Metodologia

Foi executado um mapeamento geológico-estrutural em nível regional abrangendo a região que se estende desde o município de Sobradinho, porção sul, até Salto do Jacuí, no extremo norte da área de estudo. O mapeamento geológico-estrutural regional permitiu caracterizar as diferentes gerações de derrames que ocorrem entre níveis individuais de intertrapes de arenito da Formação Botucatu, em cotas altimétricas distintas e com continuidade regional.

As cotas altimétricas foram determinadas por meio da sobreposição das coordenadas geográficas obtidas com o *GPS* dos pontos amostrados e perfis com a cartas topográficas do Serviço Geográfico do Exército.

Em Salto do Jacuí, foram caracterizadas as principais unidades líticas e estruturas associadas ao derrame portador dos geodos que ocorrem nas frentes de lavra. Por meio da comparação entre perfis geológicos locais foi definida a estruturação das unidades líticas da seqüência vulcânica associada ao derrame portador dos geodos de ágata e, com base na estruturação regional dos derrames, as unidades da seqüência vulcânica de Salto do Jacuí foram inseridas no contexto geológico regional.

Após o mapeamento em escala regional e local, os derrames regionais, as unidades que compõem a seqüência vulcânica da região de Salto do Jacuí e as principais feições estruturais associadas foram amostradas de modo sistemático para caracterizar os principais padrões texturais e verificar as relações entre as unidades líticas por meio do exame de lâminas delgadas no microscópico petrográfico.

A descrição petrográfica foi executada de acordo com as seguintes etapas: 1) caracterização das texturas predominantes da trama da rocha; 2) caracterização das texturas intra e intercristais e 3) relações de assimilação de cristais e texturas intersticiais.

Foram coletadas amostras representativas, de modo sistemático, em todas as unidades líticas das principais frentes de lavra, dos níveis regionais de derrames basálticos-dacíticos e dos intertrapes areníticos. As amostras coletadas foram selecionadas, divididas em duas porções e, após a descrição macroscópica, um lote de amostras foi enviado para o laboratório de laminação do Instituto de Geociências da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), para a confecção das lâminas petrográficas. Outro lote de amostras foi cominuído no laboratório de preparação de amostras da UFRGS e enviado para o *Activation Laboratories Ltd* (Canadá), laboratório onde foram executadas análises geoquímicas dos elementos maiores, traço e terras raras. A metodologia utilizada para determinar os elementos maiores, traço e terras raras foi do tipo *Inductively Coupled Plasma - Massa Spectrometry (Fusion-ICP-MS)*.

Posteriormente, baseado na estruturação dos derrames em nível regional e local, no posicionamento específico do derrame basáltico portador, nas evidências estruturais regionais e locais e nos dados geoquímicos, foram definidos os principais critérios prospectivos regionais, locais interunidades e locais específicos para o derrame portador.

A última etapa do trabalho foi, por meio da integração de dados geológicos, estruturais, petrográficos e geoquímicos, definir o modelo genético preliminar para o processo de mineralização que originou as ocorrências de ágata da região de Salto do Jacuí.

Os derrames básicos e ácidos da Fm. Serra Geral (White, 1908: primeiro autor a citar as “eruptivas Serra Geral”; Leinz, 1949) constituem uma das unidades de topo da Bacia do Paraná. Estes derrames cobrem aproximadamente 750.000 Km² (Zalán *et al.*, 1991) nos estados do RGS, SC, PR, SP, MS, e MG (Brasil); porém, esses derrames estendem-se pelos países limítrofes do Uruguai, Argentina e Paraguai. Os derrames da Fm. Serra Geral atingem espessuras máximas em torno de 1700 m.

As rochas vulcânicas ocorrem sobrepostas ou interdigitadas com arenitos eólicos continentais (ambiente desértico-paleodunas) de idade Jurássica da Fm. Botucatu (Gonzaga de Campos, 1889; Arenito Botucatu, Leinz, 1949). Os intertrapes de arenitos da Fm. Botucatu separam derrames vulcânicos petrograficamente distintos indicando a continuidade local de condições desérticas após o início da atividade vulcânica.

De acordo com Cordani & Vandomos (1967), a extrusão de basaltos toleíticos, andesitos toleíticos e riocacitos - riolitos ocorreu preferencialmente em regiões axiais do Rio Paraná e Rio Uruguai, ao longo do Lineamento Torres - Pousadas (Leinz *et al.*, 1968), leste de São Paulo e Nordeste do Paraná. Muitos autores (Fodor, 1987; Wilson, 1989) associam os basaltos continentais da Província Paraná-Etendeka (Namíbia, Sul da África) com o *hot spot Tristan da Cunha*, que foi um *ridge-centred hot spot* durante a separação do continente Gondwana e a abertura do Oceano Atlântico Sul.

As lavas da Fm. Serra Geral foram consideradas como fusões astenosféricas (Cox, 1980, Fodor *et al.*, 1985) de maneira semelhante aos *CFB* das províncias do Deccan, Karoo, Sibéria e Columbia River, que foram extrudidos em um intervalo de 1-2 Ma (White & McKenzie, 1995). Entretanto, ainda não foram encontrados magmas picríticos dentro da província Paraná-Etendeka e maioria das lavas têm entre 4-5 % MgO. Porém os *CFB* da Província Paraná foram extrudidos num período superior a 10 Ma (⁴⁰Ar-³⁹Ar Turner *et al.*, 1994) e possuem assinaturas geoquímicas litosféricas, evidências compatíveis com um modelo envolvendo aquecimento condutivo e fusão parcial do manto litosférico Sul-Americano acima da influência termal da pluma *Tristan*. Esse modelo é consistente com as espessuras basálticas observadas e com as taxas de erupção inferidas para os *CFB* da Fm. Serra Geral (Turner *et al.*, 1994 e Garland *et al.*, 1996), já que rápidas erupções não possibilitariam tempo suficiente para a transferência de calor por condução da astenosfera para a litosfera para gerar o volume de fusão compatível com a magnitude do magmatismo dos *CFB* da Fm. Serra Geral.

A variação das espessuras dos derrames indicou que o Arco de Ponta Grossa é a principal região de extrusão e acumulação (Fúlfaro & Landim, 1973). Segundo Almeida (1986), as maiores espessuras totais dos derrames e soleiras ocorrem onde foi mais intensa a

subsidência paleozóica (região central da Bacia do Paraná) e os diques de diabásio ocorrem nas bordas da Bacia. O pico do magmatismo mesozóico ocorreu no Cretáceo Inferior, causado pela ruptura continental no estágio rifte de evolução da região costeira (Asmus 1984, *in* Almeida 1986). Muitas intrusões vulcânicas e alcalinas estão dispostas em estruturas soerguidas às bordas da Bacia do Paraná.

Leinz *et al.* (1968), analisando o mapa de isópacas (Leinz *et al.*, 1966) das lavas basálticas (Figura 2.2), verificaram que as espessuras da parte intrusiva diminui em direção ao centro da bacia enquanto que ocorre o oposto com a espessura da parte extrusiva. Verifica-se uma diminuição gradual de todas espessuras do norte para o sul, ao longo do eixo da bacia. Na região central da bacia ocorre a maior razão entre a espessura de basaltos e a espessura de *sills*, sendo que próximo as bordas da bacia essa relação diminui. As maiores espessuras ocorrem ao longo dos eixos dos rios Paraná e Uruguai, havendo uma relação entre as maiores espessuras dos derrames e as do preenchimento sedimentar anterior, mas as maiores espessuras dos sedimentos nem sempre correspondem aos maiores valores de derrames e *sills*.

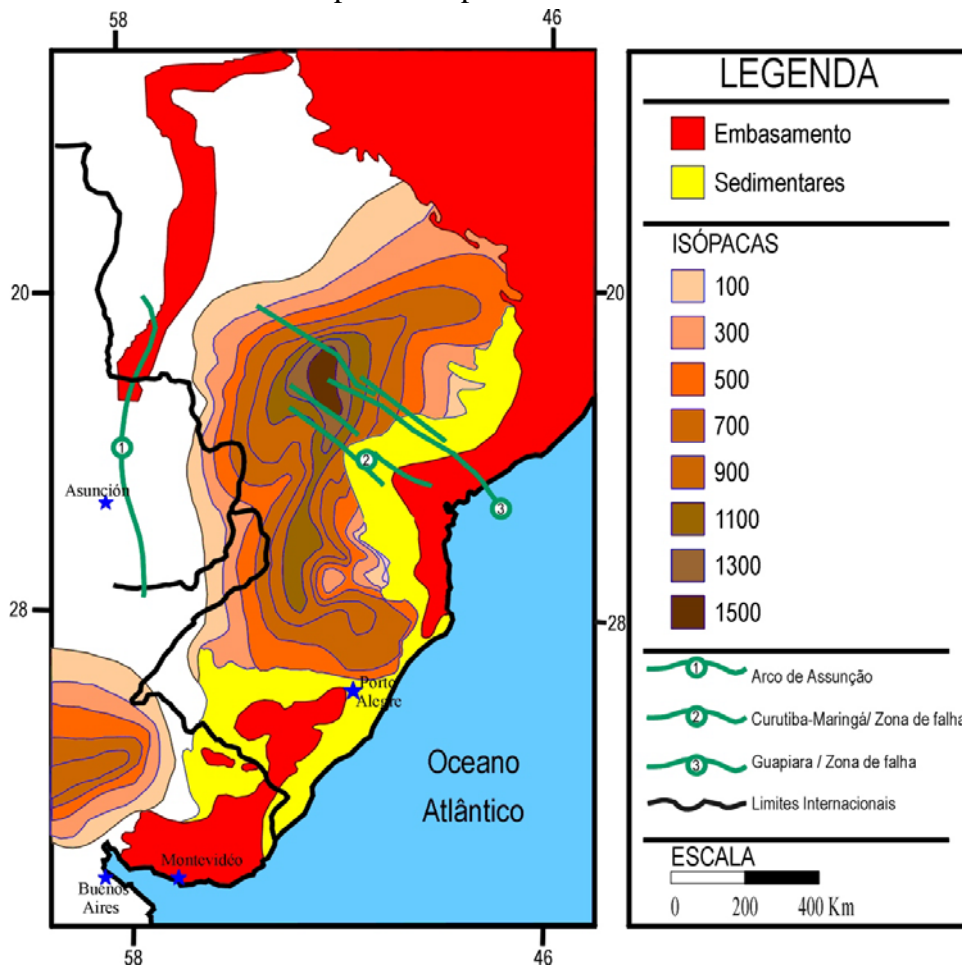


Figura 2.2 Mapa geológico-estrutural e das isópacas das rochas vulcânicas da Fm. Serra Geral (Leinz *et al.*, 1968 e Zalan *et al.*, 1991)

2.2 Caracterização dos tipos químicos de rochas eruptivas da Fm. Serra Geral

A Fm. Serra geral, em termos geoquímicos regionais, foi inicialmente subdividida em regiões com teores diferenciados de TiO_2 . Primeiramente, foram subdivididos dois grupos baseado no conteúdo de TiO_2 e P_2O_5 (Bellieni *et al.* 1984b; Mantovani *et al.*, 1985):

- Suíte baixo P_2O_5 e TiO_2 (BPT): $< 2\% \text{ TiO}_2$ e $< 0,35\% \text{ P}_2\text{O}_5$
- Suíte alto P_2O_5 e TiO_2 (APT): $> 3\% \text{ TiO}_2$ e $> 0,4\% \text{ P}_2\text{O}_5$ e mais alto conteúdo de elementos terras raras leves, FeO_t , Sr, La, Ce, Ba, Zr e Nb do que os basaltos BPT de similar conteúdo de MgO.

Piccirillo *et al.* 1988b definem genericamente 3 grupos maiores, incluindo o grupo intermediário TiO_2 e P_2O_5 (IPT). Bellieni *et al.*, (1986) propõem uma divisão da bacia do Paraná em termos petrológicos em três regiões separadas por lineamentos tectônicos (Tabela 2.1) denominadas respectivamente de Bacia do Paraná Central (BPC), Bacia do Paraná Norte (BPN) e Bacia do Paraná Sul (BPS) .

Tabela 2.1- vulcânicas ácidas tipo Chapecó (AC); vulcânicas ácidas tipo Palmas (AP); basaltos baixo TiO_2 (BBT); basaltos alto TiO_2 (BAT). *Mantovani *et al.*, 1985

REGIÃO	LOCALIZAÇÃO	LITOQUÍMICA
Bacia do Paraná Sul (BPS)	Região ao sul do lineamento do Rio Uruguai	BBT e AP (baixo - TiO_2 ; $< 2\%$) e relativamente depletadas em elementos incompatíveis e enriquecidas em <i>Large Ion Lithophile Elements (LILE)*</i>
Bacia do Paraná Central (BPC)	Região entre os lineamentos do Rio Uruguai e Piquiri	BBT e AP associadas e BAT e AC associadas
Bacia do Paraná Norte (BPN)	Região ao Norte do lineamento do Rio Piquiri	BAT e AC (alto - TiO_2 ; $> 2\%$) e relativamente enriquecidos em <i>High Field Strength Elements (HFSE)*</i> e elementos incompatíveis

Peate *et al.* (1988) separou as rochas com conteúdo intermediário de TiO_2 ($2\% \leq \text{TiO}_2 < 3\%$) como um tipo magmático distinto e Piccirillo *et al.* 1988a considerou as amostras com conteúdo intermediário de TiO_2 (2-3%) feições da BPC, refletindo a transição entre as vulcânicas APT, maioria localizadas na região norte da Fm. Serra Geral, e as BPT, que, em grande parte, ocorrem na região sul da Bacia do Paraná, Fm. Serra Geral. Entretanto, de

acordo com Piccirillo *et al.* 1988a, os lineamentos tectônicos não exerceram controle óbvio sobre a natureza e distribuição dos tipos magmáticos.

A ausência de amostras com conteúdo de SiO₂ entre 54-63 % marca uma divisão natural para se utilizar na classificação das rochas vulcânicas da Fm. Serra Geral separando, genericamente, os derrames ácidos dos básicos.

Mantovani *et al.* (1985) define dois grupos distintos dentro das vulcânicas ácidas baseado no conteúdo de TiO₂, P₂O₅ e outros elementos incompatíveis (Zr, Nb, terras raras leves, etc.). Posteriormente Bellieni *et al.*, 1986 definiu os tipos ácidos BPT Palmas (vulcânicas ácidas tipo Palmas-AP) e os tipos ácidos APT Chapecó (vulcânicas ácidas tipo Chapecó-AC).

As AP ocorrem concentradas no estado do Rio Grande do Sul e subordinadamente nos estados de Santa Catarina e Paraná e as AC ocorrem no norte da bacia do Paraná entre os estados de São Paulo e Paraná e são associadas com AP no estado do Paraná e na parte mais ao norte do Rio Grande do Sul (Piccirillo *et al.*, 1987).

Bellieni *et al.* (1983) caracterizou diferenças na composição química de lavas APT entre duas áreas (norte e sudoeste da bacia) com as lavas do sul enriquecidas em TiO₂, Zr, Nb, Sr e terras raras leves ($La/Yb_{sul} > La/Yb_{norte}$).

Piccirillo *et al.* (1987) distinguiu variações composicionais dentro dos riolitos tipo Chapecó e Peate *et al.*, 1992 classificou os riolitos Chapecó e Palmas nos seguintes subgrupos:

Riolitos Chapecó: margem leste, central (associados com o tipo Palmas) e norte (Ponta Grossa):

- Ourinhos (região BPN): $Rb/Zr > 0,2$
- Guarapuava (região BPC): $Rb/Zr < 0,2$
- Sarusas (norte de Etendeka-África)

Os Riolitos Chapecó da BPC têm relativamente restrita variação em Sr, Nb e Pb e composições isotópicas com valores similares a tipos magmáticos basálticos alto Ti ($^{87}Sr-^{86}Sr$ 0,7056-0,7059; $^{143}Nd-^{144}Nd$; próximos a 0.51227 e $^{206}Pb-^{204}Pb$ 18.15-18.23). Os Riolitos Chapecó da BPN têm mais alto teor de SiO₂ e *LILE*, mais baixo conteúdo de elementos *HFSE* e composições mais radiogênicas $^{87}Sr-^{86}Sr$ entre 0,7076-0,7080 e 0,7056-0,7059 relativo aos tipos Chapecó da BPC. A distinção entre os dois sub grupos é melhor visualizada por meio de gráficos *LILE x HFSE*, como por exemplo Rb x Zr.

Riolitos Palmas: De acordo com Mantovani *et al.*, 1985 os tipos Palmas tem características isotópicas enriquecidas ($^{87}\text{Sr}-^{86}\text{Sr}$ 0,715-0,728; $^{143}\text{Nd}-^{144}\text{Nd}$; 0,51204-0,51219; $^{206}\text{Pb}-^{204}\text{Pb}$ 19,0-19,2 Hawkesworth *et al.*, 1988 e Cordani *et al.*, 1988 in Peate *et al.*, 1992). São dominantes na parte central.

- Santa Maria: teor de SiO_2 mais alto, baixa razão Ti/Zr (<16) e alta razão Rb/Sr (>1,8), mais radiogênico $^{87}\text{Sr}-^{86}\text{Sr}$ (0,723-0,728)
- Caxias do Sul (dominante): $^{87}\text{Sr}-^{86}\text{Sr}$ (0,718-0,722)

Petrini *et al.*, 1987 estudou lavas BPT e identificou três grupos geoquímicos, com as BPT_{norte} mais enriquecidas em K_2O , Ba, Sr, P_2O_5 , etc. em relação as BPT_{central}. Ambas as áreas (norte e central) têm razões $^{87}\text{Sr}-^{86}\text{Sr}$ < 0,706 indicando que as rochas sofreram efeitos mínimos de contaminação crustal.

Peate *et al.* (1992) define seis tipos químicos principais que compõem a Fm. Serra Geral. Os tipos químicos alto titânio (Urubici, Pitanga e Paranapanema) e os tipos baixo titânio (Ribeira, Esmeralda e Gramado). Os principais critérios utilizados por Peate *et al.* 1992 para escolher os elementos que compõem a tabela de classificação de tipos magmáticos (Tabela 2.2) foram:

- elementos comumente determinados pelo método de difração de raios X para aumentar a aplicabilidade da classificação.
- *high-field strength elements (HFSE)* tais como Ti, Zr e Y que são geralmente imóveis durante alteração hidrotermal e processos intempéricos.
- razões de elementos incompatíveis, que são úteis por minimizarem o efeito de variabilidades composicionais causadas por variações de graus de cristalização fracionada.

Tabela 2.2- Classificação dos tipos químicos das rochas vulcânicas básicas da Fm. Serra Geral (Peate *et al.*, 1992). OBS: o estado de alteração das amostras foi considerado, e, se $\text{LOI}>2.5\%$, a amostra foi desconsiderada.

ELEMENTOS	Alto TiO_2			Baixo TiO_2		
	URUBUCI	PITANGA	PARANAPANEMA	RIBEIRA	ESMERALDA	GRAMADO
SiO_2 %	>49	>47	48-53	49-52	48-55	49-60
TiO_2 %	>3,3	>2,8	1,7-3,2	1,5-2,3	1,1-2,3	0,7-2,0
P_2O_5 %	>0,45	>0,35	0,2-0,8	0,15-0,50	0,1-0,35	0,05-0,40
$\text{Fe}_2\text{O}_{3(t)}$ %	<14,5	12,5-18	12,5-17	12-16	12-17	9-16
Sr (ppm)	>550	>350	200-450	200-375	<250	140-400
Ba (ppm)	>500	>200	200-650	200-600	90-400	100-700
Zr (ppm)	>250	>200	120-250	100-200	65-210	65-275
Ti/Zr (ppm)	>57	>60	>65	>65	>60	<70
Ti/Y (ppm)	>500	>350	>350	>300	<330	<330
Zr/Y (ppm)	>6,5	>5,5	4,0-7,0	3,5-7,0	2,0-5,0	3,5-6,5
Sr/Y (ppm)	>14	>8	4,5-15	5-17	<9	<13
Ba/Y (ppm)	>14	>9	5-19	6-19	<12	<19

Peate *et al.* (1992), utilizando dados geoquímicos obtido por meio das análises químicas de amostras coletadas de testemunhos de furos de sonda, propõem uma estratigrafia

geoquímica para as rochas vulcânicas da Fm. Serra Geral (Fig 2.3), considerando a posição geográfica, profundidade do derrame e o tipo químico predominante.

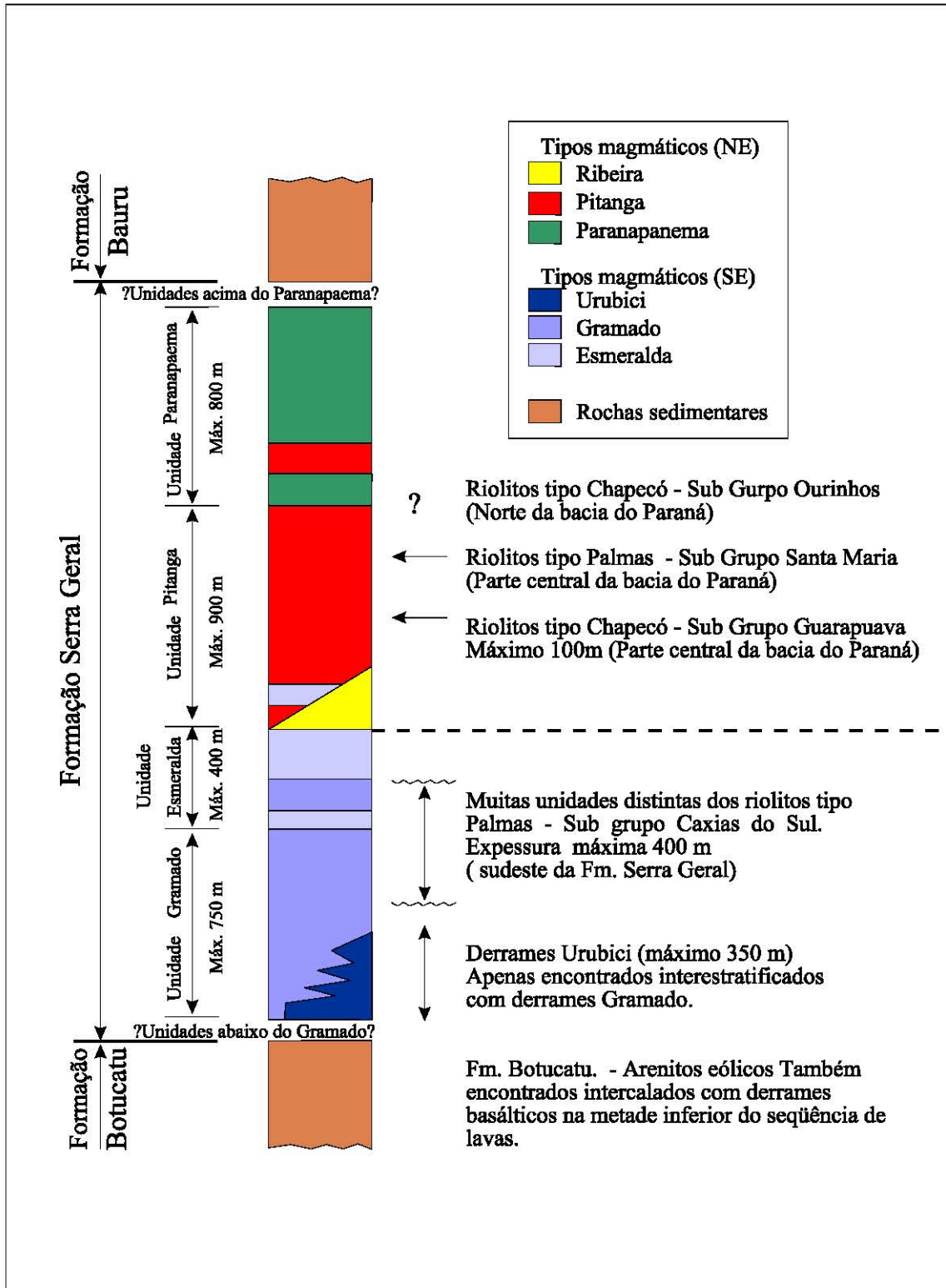


Figura 2.3 Coluna estratigráfica dos tipos químicos das rochas vulcânicas da Fm. Serra Geral (Peate *et al.*, 1992)

2.3 Geocronologia dos derrames

A duração do magmatismo da Fm. Serra Geral, utilizando-se idades obtidas pelo método K-Ar, estendeu-se do intervalo de 165 Ma até 75 Ma (Amaral *et al.*, 1966; Melfi, 1967; Rocha-Campos *et al.*, 1988), o que corresponde ao final do Jurrásico até o início do Cretáceo Inferior; no entanto, existe um pico característico de concentração de idades entre 130-120 Ma. Os basaltos têm idade mais freqüente no intervalo 130-135 Ma; mas, em termos de idades K-Ar, a região norte tem idades entre 130 e 135 Ma, enquanto a região sul tem idades no intervalo 100-115 Ma. As datações Rb-Sr nas rochas vulcânicas ácidas AT (tipo-Chapecó) indicam idades de $135,4 \pm 3,5$ Ma (Mantovani *et al.*, 1985) e nas vulcânicas ácidas BT (tipo-Palmas) da região de Santa Maria indicam 120 Ma (Cordani *et al.*, 1980). De acordo com Peate *et al.* (1992), o centro magmático mais velho localiza-se na porção sul da bacia (tipos magmáticos Gramado, Esmeralda e Urubici), enquanto os mais jovens estão localizados na porção norte da bacia (tipos Pitanga, Paranapanema e Ribeira).

Entretanto, os dados ^{40}Ar - ^{39}Ar reduzem o erro sobre amostras individuais para 1-2 Ma (Renne *et al.*, 1992) e revelam uma idade revisada para os basaltos da Fm. Serra Geral de 138-127 Ma (Garland *et al.*, 1996). As idades mais antigas correspondem às ocorrências do norte e oeste da bacia (AT), enquanto que as mais jovens ocorrem no sul e leste (BT), com idades de 136-127 Ma para o tipo químico Gramado. Portanto, a validade de usar unidades químicas como indicadores cronoestratigráficos tem sido questionada nos basaltos continentais da Província Paraná, com dados obtidos por meio do método ^{40}Ar - ^{39}Ar , demonstrando que magmas de composição semelhante foram extrudidos em épocas e áreas diferentes (Turner *et al.*, 1994). Os dados ^{40}Ar - ^{39}Ar (Figura 2.4) mostram que a propagação do magmatismo com o tempo foi em direção ao sudeste (Turner *et al.*, 1994), em conflito com o mergulho inferido para o norte das unidades magmáticas individuais de Peate *et al.* (1990, 1992).

Os enxames de diques da Província Paraná são concentrados em três áreas principais: Ponta Grossa, costa de São Paulo - Rio de Janeiro e leste do Paraguai. Os diques Ponta Grossa (orientação noroeste) têm idades entre 130-134 Ma (Regelous, 1993 *in* Turner *et al.*, 1994) e evidenciam um forte evento de extensão crustal.

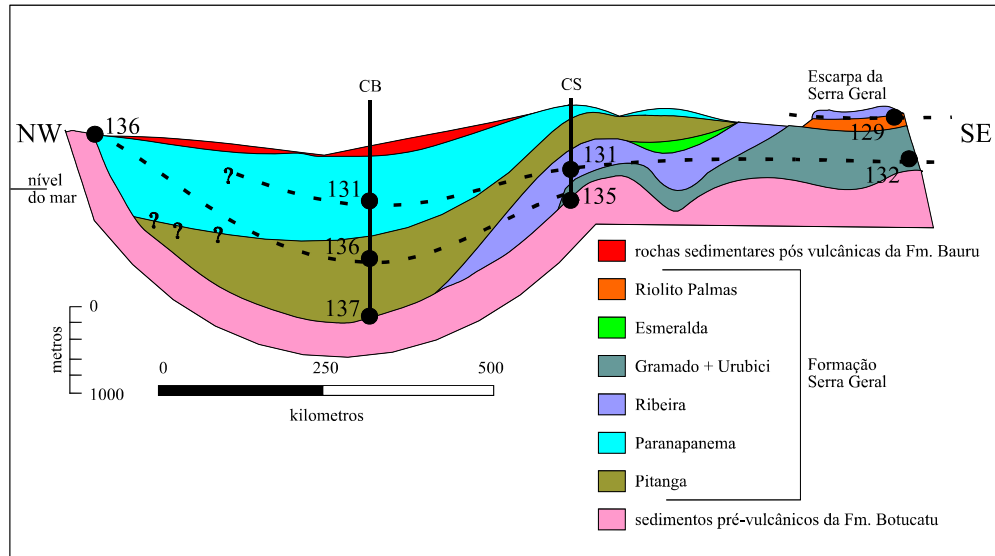


Figura 2.4 Seção estratigráfica interna dos tipos magmáticos baseado em furos de sondagem com as idades ^{40}Ar - ^{39}Ar das unidades químicas (Peate *et al.*, 1992 seção 52°W; fig.4 de Turner *et al.*, 1996)

3. QUADRO GEOLÓGICO LOCAL

Os derrames básicos inferiores da porção norte do planalto no RS devem corresponder a sequência de derrames básicos da borda meridional do planalto, não considerando prováveis movimentos tectônicos. Os derrames ácidos do planalto meridional estão estratigraficamente em posição homóloga aos derrames básicos superiores da porção norte do estado, região do Alto Uruguai (Szubert *et al.*, 1978b).

A intercalação de intertrape de arenito entre básicas e ácidas poderia indicar um longo intervalo local entre os derrames ácidos e básicos (Szubert *et al.*, 1978b). Szubert *et al.*, 1978b caracteriza ocorrências de rochas ácidas de forma aproximadamente elipsóide com espessuras de menos de 50 m (oeste) até espessuras de 200-300 m (Soledade), esperando-se encontrar valores ainda maiores no extremo oriental.

Na porção meridional e ocidental do planalto, o nível altimétrico que separa derrames basálticos da sequência ácida superior é de 350 m, atingindo 400 m mais a leste do planalto. Para noroeste (Passo Fundo, Sarandi e Erechim) ocorrem derrames basálticos nas cotas 500-600 m sem cobertura de derrames ácidos. Os arenitos intertrapes não ocorrem nas sequências ácidas, o que torna difícil a individualização de corridas de lavas ácidas e suas respectivas espessuras. A ausência de elementos estruturais característicos da base ou topo dos derrames ácidos também prejudica a individualização dessas unidades.

Na borda meridional do planalto, de Santiago até Lajeado, Szubert *et al.* (1978b) identificam 6-8 derrames basálticos com 5 a 30 metros de espessura quase sempre separados por arenitos intertrapes, com espessuras que variam de centímetros até 3 metros. A transição dessa sucessão de derrames básicos para as vulcânicas ácidas é inferida por meio da ocorrência de um nível de arenito intertrape superior de até 12 m de espessura que ocorre na região de Sobradinho. Esta feição pode ser uma das últimas manifestações sedimentares entre as rochas vulcânicas no planalto meridional, já que entre os derrames ácidos não ocorrem níveis de arenito.

Na porção norte do Rio Grande do Sul, na região entre Iraí e Carazinho, ocorrem até 15 derrames basálticos a partir do nível do Rio Uruguai e não foram encontradas rochas ácidas, mesmo em altitudes superiores a 600 m. Entre os derrames basálticos inferiores (5-25 m) ocorre uma “brecha” vulcânica e raras intercalções de níveis finos de arenitos. Os derrames basálticos superiores, que ocorrem entre as cotas de 500-600 m, tem espessuras de até 50 m e, entre esses derrames, não ocorrem arenitos intertrapes (Szubert *et al.*, 1978b).

Foi informalmente proposto o termo Fm. Nova Prata (Roisenberg, in Szubert, 1979) para a subdivisão estratigráfica das rochas ácidas do centro do Rio Grande do Sul e nordeste e sudeste de Santa Catarina. Por meio de ocorrências de riodacitos tipo Palmas (BPT) de extensão cartográfica foi definido o membro Nova Prata da Fm. Serra Geral.

Outra possibilidade de subdivisão estratigráfica é uma grande área de quartzo-latito da região de Erechim (Hidroservice, 1982).

Os basaltos da Fm. Serra Geral, em muitos lugares no Rio Grande do Sul, encontram-se diretamente sobre e também em contato erosional com o Grupo Rosário do Sul, com ausência da Fm. Botucatu (Carraro *et al.*, 1974), significando um limite inferior mais jovem para as formações Botucatu e Serra Geral.

De acordo com Mantovani *et al.* (1988), os BAT estão sobrepostos aos BBT, enquanto que os BIT recobrem os BAT. Os derrames basálticos ocorrem sobrepostos por lavas dacíticas ou riolíticas e podem ocorrer derrames ácidos sobrepostos por básicos.

Sobreposta à Fm. Serra Geral, ocorre, nos estados de Santa Catarina, Paraná, São Paulo, Goiás e Mato Grosso, a Fm. Caiuá, que é equivalente a Fm. Botucatu. A Fm. Caiuá pode indicar a continuidade das condições de deposição eólica pós vulcanismo. Estratigraficamente acima da Fm. Caiuá, ocorre a Fm. Bauru (Grupo Bauru), nos estados de Santa Catarina, Paraná, São Paulo, Goiás e Mato Grosso. A deposição das rochas sedimentares continentais do Grupo Bauru (Cretácio-Superior), pouco espessas e cobrindo os basaltos na metade norte da bacia, foi relacionada com a subsidência termal devido ao resfriamento das lavas da Fm. Serra Geral (Zalán *et al.*, 1991). O contato basalto/sedimento cresce progressivamente do sul, até o norte (região de São Joaquim), resultado da topografia pré-Paraná (Zalán *et al.*, 1991).

No Rio Grande do Sul, a Fm. Serra Geral é recoberta pela Fm. Tupanciretã (Menegoto *et al.*, 1968, *in* Sartori, 1975). Os depósitos mais recentes, são os sedimentos Terciários (aluviões), que são localmente significantes nas porções noroeste, leste e sul da Bacia do Paraná.

3.1 Geologia dos derrames na região de abrangência

Na região de Salto do Jacuí, não foram executados trabalhos anteriores de detalhamento geológico. Até o presente trabalho, não haviam trabalhos de mapeamentos geológicos sistemáticos e/ou estruturais na região, tanto em nível regional, como local. Portanto, a estruturação dos derrames que ocorrem na região de Sobradinho - Salto do Jacuí, em nível regional, considerando aspectos petrográficos, estruturais e geoquímicos é inédita. Da mesma forma, o posicionamento dos intertrapes areníticos com continuidade regional e local são definidos nessa dissertação. A estruturação das unidades líticas que compõem a estratigrafia local de Salto do Jacuí, assim como a caracterização dos níveis que constituem o derrame basáltico portador dos geodos de ágata são feições caracterizadas somente no projeto atual (Projeto Ágata).

3.2 Histórico dos trabalhos mineiros na região de Salto do Jacuí (RS)

A exploração de ágata na região de Salto do Jacuí (RS) remonta às primeiras décadas do século, quando imigrantes alemães instalaram-se na região e tomaram conhecimento da existência dessa gema, muito apreciada em seu país de origem, mais especialmente em Idar-Oberstein, cidade que já foi produtora de ágatas e é, hoje, um grande centro de lapidação.

Em Lageado e Soledade, foram registradas as ocorrências históricas pois aí se iniciaram as extrações de ágata. Atualmente, essas jazidas encontram-se praticamente esgotadas. A extração de ágata concentrou-se nas margens do rio Jacuí, abaixo da barragem de Salto do Jacuí, devido às exigências dos lapidadores estrangeiros, uma vez que exclusivamente nessa área ocorre a ágata tipo “Umbu” (nome derivado da antiga Fazenda Umbu).

Os raros relatórios mineiros produzidos na região do Salto do Jacuí estão relacionados a aspectos de extração, comércio e beneficiamento de ágata. Os impactos ambientais gerados pela atividade de exploração também são abordados de forma a otimizar a recuperação das áreas e orientar as atividades de mineração.

3.3. Tipos comerciais de ágatas e tipos de ocorrência

As denominações comerciais consagradas usadas para classificar as ágatas da região se baseiam no peso do geodo e na coloração (Tabelas 3.1 e 3.2). Além dessas denominações, Kellermann (1990) classifica as principais variedades de ágata de acordo com o tipo de material presente nos geodos (Tabela 3.3).

Tabela 3.1 - Classificação dos geodos de ágata de acordo com o peso (Kellermann, 1990).

Denominação	Peso (Kg)
Rolinha	< 0,5
Rolão	0,5 – 1,5
Cinzeiro	1,5 – 3,0
Segunda (II)	3,0 – 8,0
Primeira (I)	> 8,0

Tabela 3.2 - Classificação dos geodos quanto a coloração da massa de ágata do preenchimento (Kellermann, 1990).

Coloração da massa	Generalidades
Cinza-azulado homogênea (“Umbu”)	exportação em bruto distribuição uniforme da tonalidade de cor
Cinza-azulado heterogênea	Industrializada para exportação Vários tons de azul c/ distribuição Irregular da tonalidade de cor
Avermelhada	dispensa tingimento (tratamento térmico)

Tabela 3.3 - Classificação dos geodos de acordo com o tipo e a disposição do material de preenchimento (Kellermann, 1990).

Variedades	Descrição
Geodo (pedra oca)	Interior não totalmente preenchido pela “massa”. Geralmente cristais de quartzo (citrino, ametista, hialino), calcita criptocristalina, zeolita, etc... ocorrem no interior do geodo.
Pedra com água	Geodo com água em seu interior
Pedra com listra	Possui listras brancas com espessura de 1mm a 1cm
“Sal” para chapa	Pedra arredondada, sem defeitos (truncada, descascada), com uma capa de “massa” criptocristalina de no mínimo 1 polegada e com o seu interior preenchido por quartzo (“sal”)
“Sal” para porta - livro	Difere do “Sal” para chapa por apresentar imperfeições (p. ex: ser parcialmente descascada)
Pedaços	Pedaços de ágata de coloração cinza - azulado homogênea, cinza - azulado heterogênea e vermelha
Calcedão	Geodo que possui o maior valor comercial. Tem cor cinza – azulada; a base do geodo apresenta bandamento horizontal de calcedônia, que, quando retirada, fornece uma superfície plana característica

As principais frentes de lavra se localizam próximas as margens do Rio Jacuí e de seus afluentes na região de Salto do Jacuí e os principais depósitos de ágata ocorrem na zona vesículo-amigdaloidal do derrame basáltico portador. O derrame portador dos geodos ocorre inserido entre um nível dacítico vesicular de cor castanho-avermelhado e acima de um nível dacítico semi-vítreo vesicular. Também ocorrem geodos, com diâmetro reduzido, no próprio nível dacítico semi-vítreo vesicular. O nível semi-vítreo tem espessura média de 2 m, morfologia tabular e ocorre sempre associado ao nível basáltico portador dos geodos de ágata da região de Salto do Jacuí.

Os geodos, tanto no nível basáltico portador, quanto no nível semi-vítreo dacítico, ocorrem associados com veios de arenito e de material vítreo e com níveis de brecha vulcânica constituída por fragmentos de basalto vesículo-amigdaloidal portador e blocos angulares de arenito. Como a rocha está muito alterada o nível portador pode ser desagregado com relativa facilidade utilizando-se tratores de esteira e os prospectores locais podem abrir túneis sem utilizar explosivos e/ou perfuratrizes.

Os geodos de ágata também ocorrem em locais onde os processos de intemperismo originaram um solo residual que permaneceu no local original devido à cobertura vegetal, que evita que os processos erosivos depositem os geodos em outros locais. Em consequência da erosão mecânica (ação das águas, vento e força da gravidade), o solo formado pela alteração da zona portadora é desagregado e os geodos preenchidos por ágata são depositados em níveis topográficos mais baixos.

3.4 Métodos de extração e meio ambiente

A extração de ágata em Salto do Jacuí é executada a céu aberto e por meio de túneis. De um modo geral, pode ser dividida em dois tipos: lavra semimecanizada e garimpagem.

Lavra semimecanizada: são utilizados tratores de esteira de médio a grande porte, que produzem cortes nos flancos dos morros. Esses cortes podem atingir 50 a 60 m de altura. Atingida a zona produtora de ágata, é iniciada a coleta de geodos, onde os “catadores” deslocam-se a frente da lâmina do trator, identificando e selecionando os geodos. Esses “catadores” também são colocados atrás do trator e na ponta do aterro onde é despejado o estéril, para recolher geodos que não foram encontrados nas fases anteriores.

Garimpagem: os garimpeiros atuam junto ao “barranco” (talude) produzido pelo corte da lavra semimecanizada, onde cavam túneis com espaçamento de 2 a 3 m, largura de 1 a 2 m e extensão média de 40m. A extração nos túneis também serve como informação adicional para que os mineradores decidam por rebaixar ou não um novo corte. A garimpagem é feita também em coxilhas e/ou banhados onde o minério aflora próximo à superfície; são feitas escavações manuais caoticamente distribuídas, que atingem no máximo 5m de profundidade. A garimpagem a céu aberto é executada nos locais onde a ágata está a pequena profundidade (2 a 3 m) e a topografia não permite a utilização de tratores de esteira para remover o estéril.

No início do século, a ágata era extraída de forma rudimentar (pá e picareta). Nos últimos 20 anos, a extração de ágata passou a ser feita com tratores de esteira para remoção do estéril e desagregação do derrame portador e do basalto glomeropórfio superior. A deposição do material estéril de lavra era executada nos flancos dos morros criando forte impacto visual, assoreando as drenagens à jusante dos taludes e afetando a vegetação existente.

No começo da década de 1980, não era exigido que os mineradores ou garimpeiros recuperassem as áreas explotadas, o que resultou em extensas áreas abandonadas, principalmente às margens do Rio Jacuí, abaixo da Usina Hidroelétrica de Salto do Jacuí. Essas áreas já estão parcialmente recobertas pela vegetação, mas ainda causam um forte impacto visual. A lavra com utilização de tratores de esteira ocorre de três maneiras, sob o ponto de vista ambiental:

1- Lavra nos flancos dos morros sem contenção natural dos rejeitos. Nesse caso, os tratores de esteira depositam o material estéril diretamente nas drenagens, rios e riachos, causam assorimento e alteram o comportamento hidrológico natural da área, mais especificamente da bacia de acúmulo da Barragem de Itaúba, quando a mineração situa-se diretamente às margens da mesma. Isto ocorre devido à ausência de uma vegetação natural protetora e/ou devido à elevada declividade do terreno. A mineração nessa situação é inviável em termos ambientais, se conduzida de modo semimecanizado a céu aberto; mas, pode ser perfeitamente controlada se conduzida por meio de abertura de túneis e/ou galerias.

2- Lavra nos flancos dos morros com contenção natural parcial dos rejeitos. A lavra nos flancos dos morros com contenção natural parcial dos rejeitos é efetuada na parte mediana dos morros, que possuem espessa vegetação. A vegetação abaixo do corte evita parcialmente que o estéril removido seja depositado nas drenagens. O minerador deve conter a erosão principalmente nas pontas do aterro, que é o local mais crítico e fornecedor de entulhos.

3- Lavra em morros distantes de drenagem. A extração em morros distantes da drenagem é efetuada em locais situados a aproximadamente 200 m de drenagens perenes e intermitentes. Como são morros de pequenas dimensões e distantes das drenagens há pouca remoção de material estéril e não existe problema de assorimento. Entretanto, para evitar a ação das águas sobre o estéril removido, deve-se efetuar um reflorestamento sobre os aterros e plantar arbustos com elevada capacidade de contenção do terreno nas extremidades dos aterros pois é onde se concentra o estéril solto, facilmente transportado pela chuva.

Abaixo, estão listadas as principais medidas práticas que são adotadas para a recuperação das áreas deterioradas na região de Salto do Jacuí (Kellermann, 1990):

- remover a camada fértil do solo com trator de esteira e estocar o material em depósitos por um período máximo de 2 anos para posterior recomposição dos locais de extração;
- evitar a compactação do solo vegetal depositado;
- construção de obras de drenagem e proteção nos locais onde será depositado o solo vegetal;
- emparelhar o local explorado com trator e recolocar a camada de solo;
- reflorestamento das espécies nativas;
- preservação da vegetação das margens dos rios e riachos;
- construção de bacias de sedimentação para reter o estéril que se desloca das escavações;
- terraplanagem do local explorado, com o sentido de escoamento em direção ao morro, facilitando a infiltração da água;

- construção de canais de drenagem com baixo gradiente e com fundo constituído por fragmentos de rocha e/ou vidro vulcânico. Construir pequenas barreiras transversais ao canal para diminuir a competência do fluxo aquoso. O escoamento de água deve ser em direção a vegetação arbórea, reduzindo a competência do fluxo d'água e, conseqüentemente, a erosão;
- deposição do estéril em talude não elevado (máximo 10-11 m) e com declive suave (máximo 35°);
- revegetação dos depósitos de estéril;

Como complemento a ser adotado nas áreas em exploração e recuperação, é sugerida a utilização das seguintes medidas propostas por Koppe *et al.* (1993) para os garimpos de ametista da região do Alto Uruguai:

- construir, à jusante dos cursos d'água, represas de contenção do material em bacias de sedimentação;
- construção de drenos periféricos;
- retirada de entulhos do leito dos córregos;

As medidas listadas acima foram gradativamente sugeridas e aplicadas, sendo que apenas a partir da década de 80, quando os órgãos responsáveis pela fiscalização dos garimpos vinculados ao Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM) e a Fundação Estadual de Proteção Ambiental (FEPAM) iniciaram as atividades de fiscalização no município de Salto do Jacuí.

4. ESTRUTURAÇÃO DOS DERRAMES

Os derrames basálticos ocorrem a partir da base da Fm. Serra Geral, que aflora às margens do Rio Jacuí, no extremo sul da área, na cota altimétrica de 80 m. Em termos regionais, pode-se distinguir a presença de três associações de rochas vulcânicas (fig 4.1), separadas por horizontes regionalmente correlacionáveis de arenito Botucatu intertrape: 1) Basalto intergranular, 2) Associação de basaltos e dacitos glomeropórfiros e 3) Dacito holocristalino.

A partir da cota de 80 m, topo da Fm. Botucatu, ocorre uma associação de basaltos com textura intergranular forte e espessura média de 120 m. O intertrape de arenito da Fm. Botucatu da cota de 200-220 m é o limite superior dessa unidade. A próxima camada de arenito Botucatu intertrape de expressão regional ocorre somente na cota altimétrica de 380-400 m. Entre as cotas altimétricas de 200 e 400 m, ocorrem derrames ácidos e básicos alternados com textura glomeropórfira característica; a individualização desses derrames é bastante difícil pela ausência de marcadores característicos. No entanto, ocorre um nível de arenito Botucatu intertrape na cota de 300 m; mas, essa camada tem continuidade restrita apenas à porção Sul do Município de Ibarama, extremo sul da área. A partir do intertrape da cota de 400 m, ocorrem derrames de dacito holocristalino, que possuem espessura total aflorante de 160 m e que constituem a unidade de topo da região.

4.1 Estruturação dos derrames na região de Salto do Jacuí - Sobradinho

A unidade inferior aflorante na região são os arenitos do topo da Fm. Botucatu. Os arenitos da Fm. Botucatu afloram no vale do Rio Jacuí, desde a confluência com o Arroio Lageado do Gringo, limite sudoeste da região, até a altura do Arroio Lageado dos Dourados. A espessura dessa unidade não pode ser diretamente avaliada, pois o seu contato inferior não aflora na área. Avaliações indiretas também não são possíveis pela ausência de poços perfurados naquele setor. Porém, o contato superior dessa unidade é feito com o basalto da unidade inferior da Fm. Serra Geral (Basalto Intergranular) e pode ser traçado à altura da cota de 80 m.

Os arenitos da Fm. Botucatu também afloram em dois outros níveis regionalmente expressivos na condição de intertrapes que separam diferentes gerações de derrames. Ocorrem intertrapes nas cotas de 200 m com espessuras de 0,5 a 10,0 m. Esse intertrape ocorre como uma camada única (Setor do Lageado Seco), como duas (Setor do Baixo Caramuru), ou três (Setor de Boa Esperança). As camadas têm espessura longitudinal variável. O segundo intertrape de arenito Botucatu tem contato inferior na cota de 380 m, espessura de 0 a 20 m, e constitui uma camada única, ao contrário do primeiro intertrape. Na parte sul da região de Ibarama, ainda ocorre um intertrape de arenito Botucatu com base na cota de 300 m; a espessura desse intertrape na região do Arroio Lageado do Gringo é da

ordem de 100 m, mas diminui abruptamente para Norte, até não ser mais individualizado já na região da sede do Município de Ibarama.

Estratigraficamente acima do arenito da Fm. Botucatu propriamente dita, na cota de 80 m, ocorre o basalto intergranular com espessura de 100-120 m. O basalto glomeropórfiro ocorre entre os intertrapes das cotas 200-210 m e 380-390 m com espessura média de 180 m. O nível mais superior é o dacito que ocorre em altos topográficos a partir da cota 380-400 m, com espessura total mínima de aproximadamente 160 m; essa espessura é difícil de avaliar devido ao processo erosivo do Período Terciário. Os únicos depósitos sedimentares recentes ocorrem ao longo do vale do Rio Jacuí (depósitos de planície de inundação).

No intervalo altimétrico da associação de basalto e dacito glomeropórfiro, ocorre um nível regional que é caracterizado pela presença de estruturas elípticas arredondadas do tipo *boulders* imersas em uma matriz argilosa de cor amarela-esverdeada, que é resultado da alteração de rocha vulcânica vesicular; a matriz dos *boulders* também pode ser constituída por um dacito vesicular de cor castanha avermelhada semelhante ao nível dacítico vesicular superior ("cupim"), que ocorre acima do nível portador dos geodos de ágata no Município de Salto do Jacuí. Essas feições estruturais também são observadas no município de Salto do Jacuí, na cota de 200-220 m, inseridas na unidade lítica dacítica vesicular, em alguns garimpos próximos a cidade de Salto do Jacuí. Em direção ao sul, as feições do tipo *boulders* também ocorrem entre os municípios de Estrela Velha e Arroio do Tigre, em posição estratigráfica superior aos arenitos da Fm. Botucatu (Fig.4.2a e 4.2b) que ocorrem na cota de 200 m, próximo a ponte sobre o Rio Jacuizinho; no contato entre o basalto (dacito) de cor cinza-claro e o nível de *boulders*, ocorrem diques areníticos de cor avermelhada, silicificados, semelhantes aos diques de material vítreo que ocorrem nos níveis portador, dacítico semi-vítreo e dacítico vesicular em Salto do Jacuí. Na região de Sobradinho, no extremo sul da área, também ocorrem estruturas do tipo *boulders* (Fig. 4.2c) muito parecidas com as de Salto do Jacuí e Estrela Velha - Arroio do Tigre, mas o estágio de alteração é muito avançado, dificultando o reconhecimento da composição pretérita desses *boulders*.

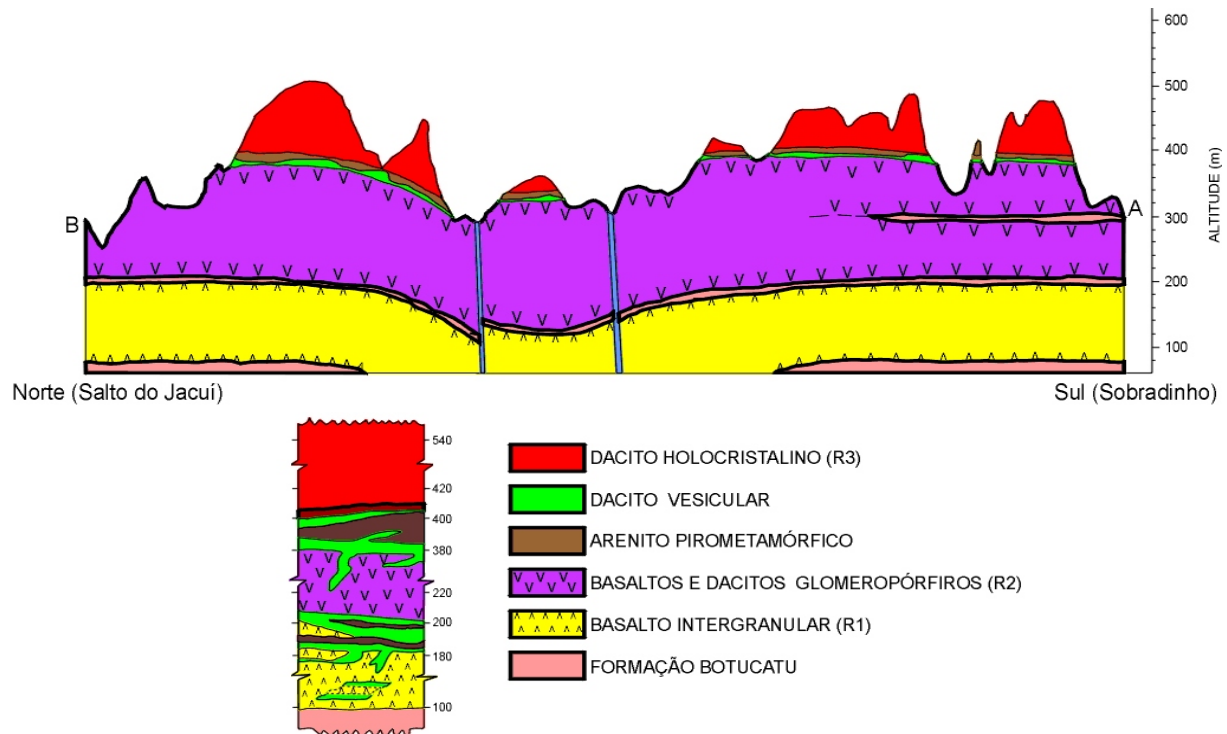


Figura 4.1 - Perfil esquemático da estruturação dos derrames em nível regional. Legenda gráfica indicando os níveis regionais de basalto intergranular (R1); associação de basaltos e dacitos glomeropórfiros (R2); dacito holocristalino (R3); diques de dacito vesicular; intertrapes de arenito da Fm. Botucatu; Fm. Botucatu.

Figura 4.2 a - Fotografia das estruturas do tipo *boulders* constituídos por arenito e/ou por rocha vulcânica vesicular de cor castanho avermelhado semelhante ao dacito vesicular da região de Salto do Jacuí. Os *boulders* estão localizados na região de Estrela Velha-Arroio do Tigre e são constituídos por rocha vulcânica vesicular semelhante ao dacito superior de Salto do Jacuí, por arenito circundado por porção arenítica vesicular, por basalto vesicular de cor marrom escuro ou por arenito+rocha vulcânica vesicular; os *boulders* estão imersos em matriz argilosa de cor amarela-esverdeada ou em matriz constituída por rocha vulcânica vesicular idêntica a que constitui os *boulders*.

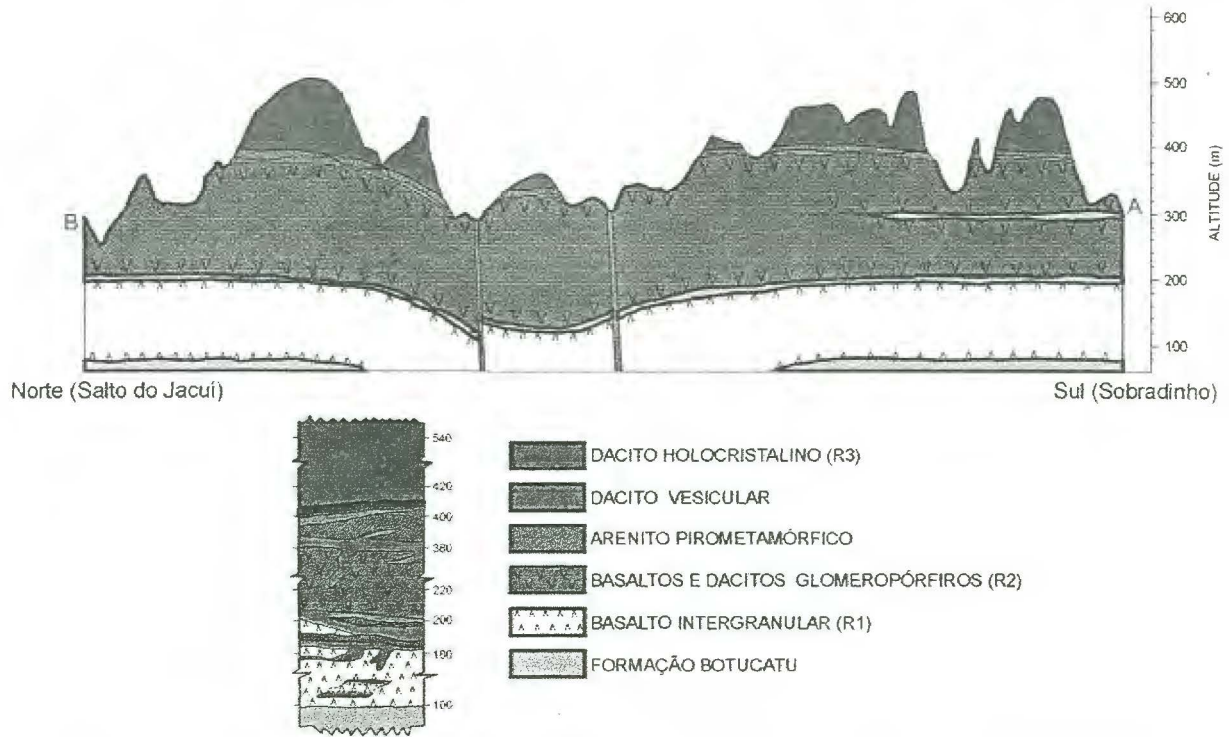


Figura 4.1 - Perfil esquemático da estruturação dos derrames em nível regional. Legenda gráfica indicando os níveis regionais de basalto intergranular (R1); associação de basaltos e dacitos glomeropórfiros (R2); dacito holocristalino (R3); diques de dacito vesicular; intertrapes de arenito da Fm. Botucatu; Fm. Botucatu.

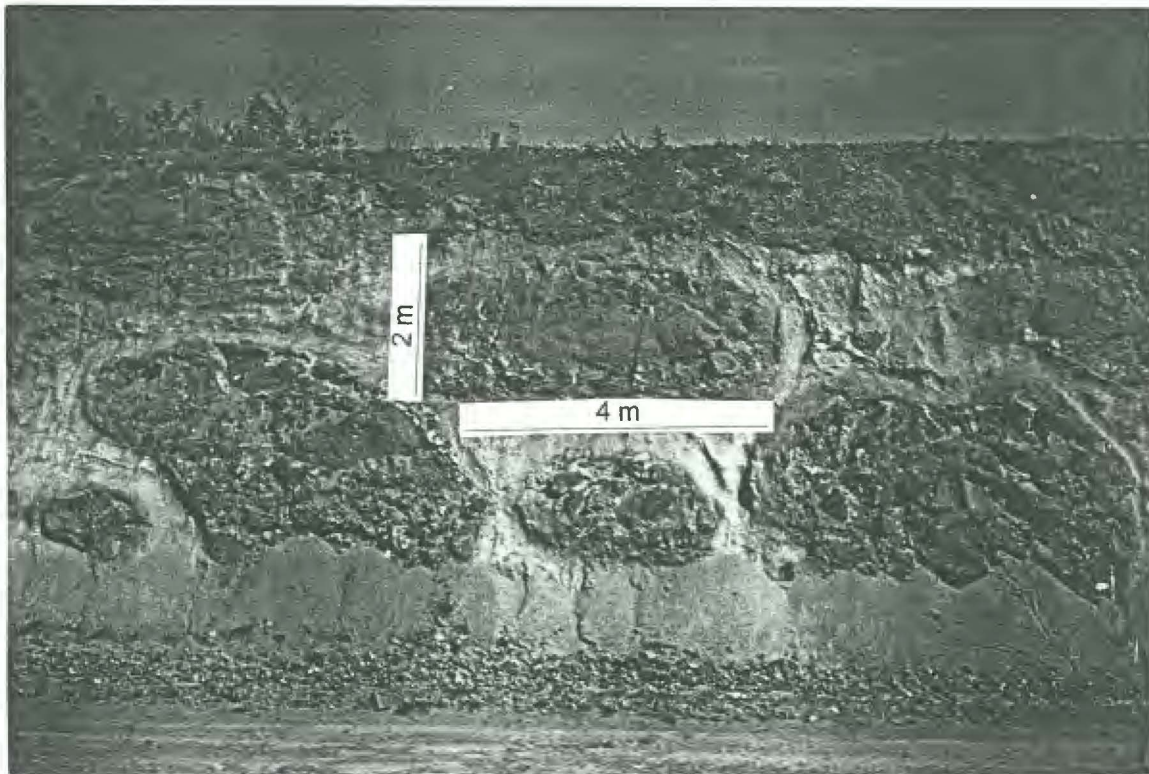


Figura 4.2 a - Fotografia das estruturas do tipo *boulders* constituídos por arenito e/ou por rocha vulcânica vesicular de cor castanho avermelhado semelhante ao dacito vesicular da região de Salto do Jacuí. Os *boulders* estão localizados na região de Estrela Velha-Arroio do Tigre e são constituídos por rocha vulcânica vesicular semelhante ao dacito superior de Salto do Jacuí, por arenito circundado por porção arenítica vesicular, por basalto vesicular de cor marrom escuro ou por arenito+rocha vulcânica vesicular; os *boulders* estão imersos em matriz argilosa de cor amarela-esverdeada ou em matriz constituída por rocha vulcânica vesicular idêntica a que constitui os *boulders*.



Figura 4.2 b - Fotografia das estruturas do tipo *boulders* constituídos por arenito e/ou por rocha vulcânica vesicular de cor castanho avermelhado semelhante ao dacito vesicular da região de Salto do Jacuí. Os *boulders* estão localizados na região de Estrela Velha-Arroio do Tigre e afloram acima do intertrape arenítico da cota altimétrica de 200 m; o intertrape tem espessura aflorante de 7 m. Os *boulders* são constituídos apenas por arenito, por arenito + camada externa de arenito vesicular ou por arenito + camada externa de rocha vulcânica vesicular.

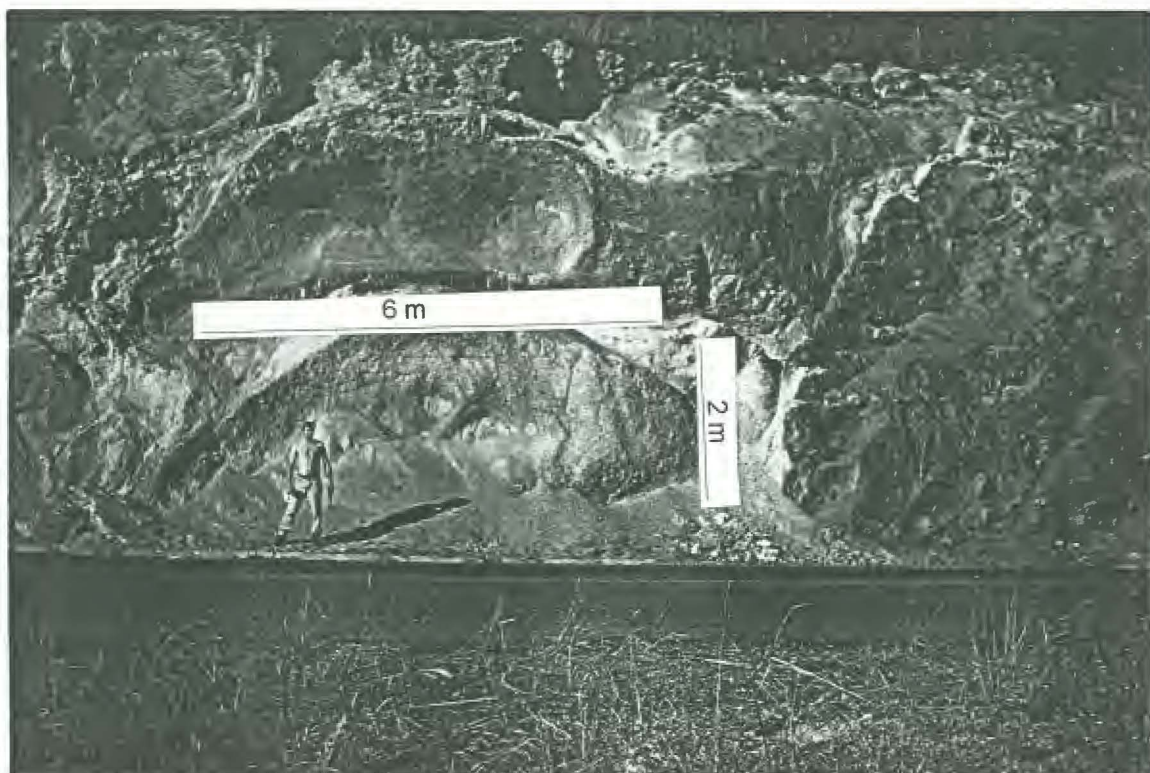


Figura 4.2 c - Fotografia das estruturas do tipo *boulders* constituídos por arenito e/ou por rocha vulcânica vesicular de cor castanho avermelhado semelhante ao dacito vesicular da região de Salto do Jacuí. Os *boulders* da região de Sobradinho são muito alterados e ocorrem imersos em matriz argilosa de cor amarela-esverdeada proveniente da alteração de rocha vulcânica vesicular. Obs: a grande maioria dos *boulders* têm forma elíptica com 3 m de altura por 5 m de comprimento.

4.2 Estruturação dos derrames em Salto do Jacuí

Por meio do mapeamento litológico e estrutural dos principais garimpos da região de Salto do Jacuí (RS), os quais tem características muito semelhantes, foi definida a estratigrafia dos principais níveis associados ao derrame portador. O derrame basáltico portador ocorre no intervalo altimétrico de 200-260 m. Foram caracterizadas seis unidades líticas principais que constituem a seqüência vulcânica da região de Salto do Jacuí (Fig 4.3) e que foram utilizadas para definir a coluna estratigráfica preliminar da região (Fig 4.4).

Na maioria das frentes de lavra da região de Salto do Jacuí afloram quatro unidades líticas principais, que caracterizam a Estrutura Jacuí (E.J): dacito semi-vítreo inferior (DI), basalto portador (P), dacito vesicular (DV) e dacito superior (DS). Afloram ainda dois outros níveis locais, com continuidade restrita e espessura reduzida (0,5 a 2 m); um nível dacítico semi-vítreo superior (DSVS) e um horizonte argiloso de cor amarelo esverdeado. O DSVS e o nível de argila ocorrem estratigraficamente inseridos entre as unidades DV e DS



Figura 4.3 Fotografia de perfil típico da Estrutura Jacuí em escala mesoscópica.

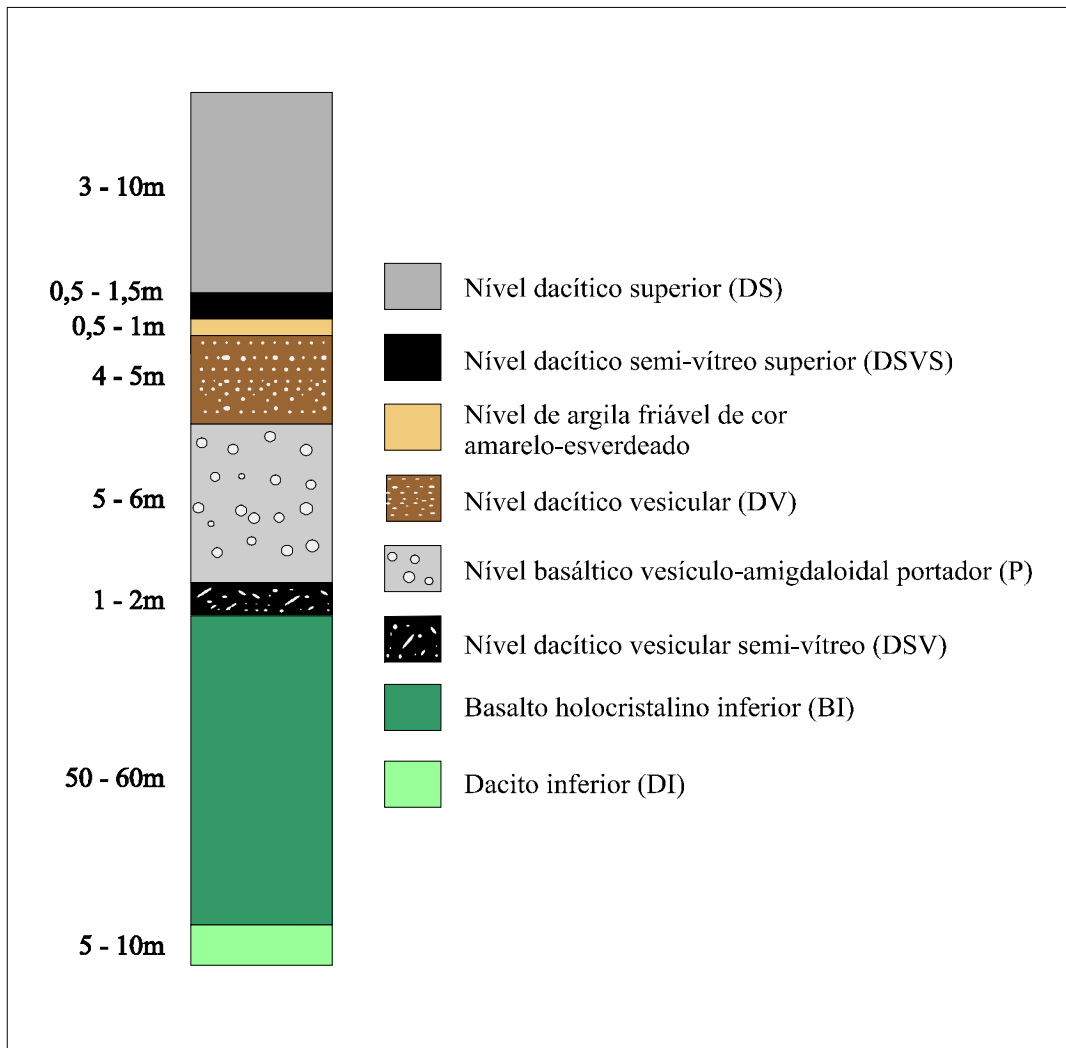


Figura 4.4 Coluna estratigráfica da seqüência vulcânica da região de Salto do Jacuí. (DI) dacito inferior; (BI) basalto inferior; (DSV) dacito semi-vítreo; (P) basalto portador; (DV) dacito vesicular; (DSVS) dacito semi-vítreo superior; (DS) dacítico superior

A base da seqüência aflora a partir do leito do Rio Jacuí, na cota altimétrica de 130 m, e é constituída por um dacito vesicular com matriz hipohialina que ocorre associado com diques areníticos e de material vítreo, ambos de cor castanho e com espessura centimétrica (fig 4.5). O contato entre o dacito inferior (DI) e a unidade seguinte, o basalto holocristalino inferior de cor verde (BI) é gradacional. As principais diferenças entre essas duas unidades lito-químicas e litológicas é que o dacito inferior tem textura vesicular, possui menor proporção de alteração argilosa de cor verde (celadonita) e a matriz é hipohialina, além da associação do dacito inferior (DI) com diques de comprimento centimétrico a decimétrico com espessura de 5 a 20 cm constituídos por material vítreo e arenito, ambos de cor castanho claro a escuro.

Apesar das diferenças citadas acima, as unidades DI e BI ocorrem associadas, com contato gradacional entre as duas unidades. Essa associação têm uma espessura média de 60-70 m, constituindo a base da seqüência vulcânica da região de Salto do Jacuí. O contato superior da unidade BI não pode ser claramente definido, devido a presença de camada

espessa de solo e ao material estéril depositado durante o decorrer de décadas de atividades de exploração nas frentes de lavra de exploração de ágata da região de Salto do Jacuí.

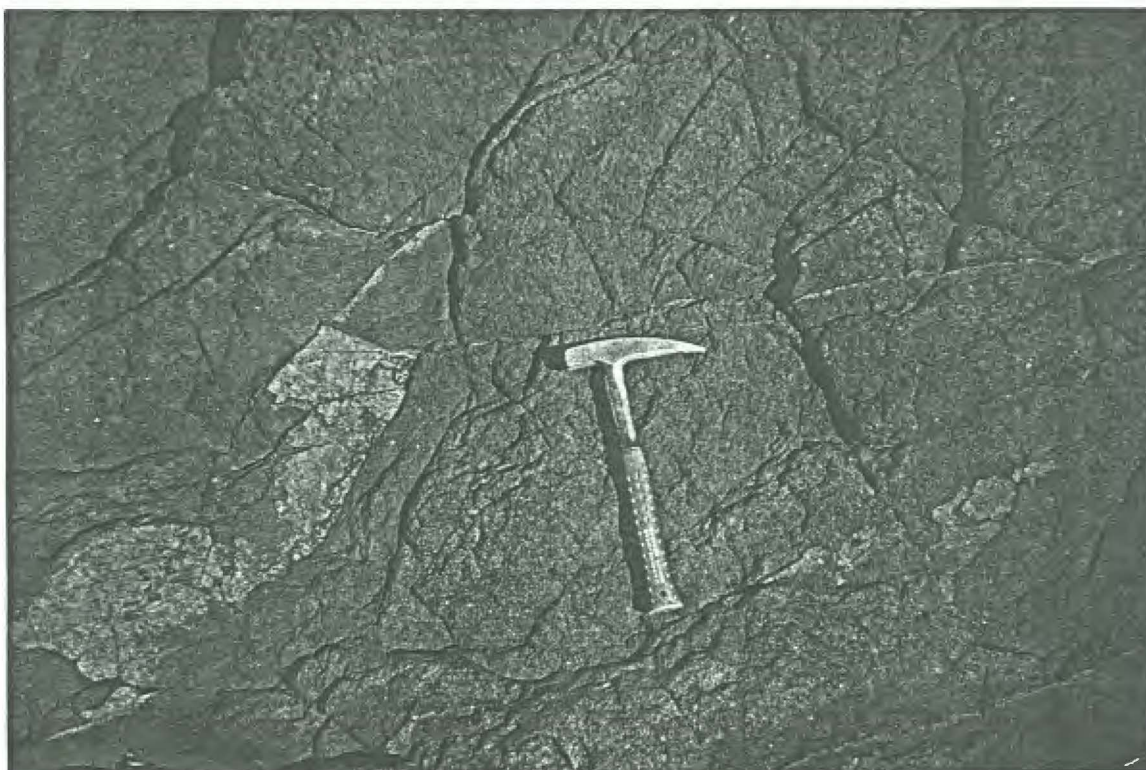


Figura 4.5 – Dacito inferior (DI) da base da seqüência vulcânica da região de Salto do Jacuí associado com diques de arenito e de material semi-vítreo de cor castanho claro a escuro, com 1 metro de comprimento por 10-20 cm de espessura.

Posicionado entre o topo da unidade basáltica inferior (BI) e o nível dacítico semi-vítreo (DSV), ocorre um intertrape de arenito da Fm. Botucatu, que localmente não aflora, mas que pode ser diagnosticado a partir de encraves areníticos no nível semi-vítreo (DSV) e no nível portador (P). O intertrape de arenito do cota de 200 m aflora próximo a Salto do Jacuí, na localidade de Estrela Velha, onde tem espessura média de 5 m, estratificação plano paralela e cruzada e ocorre abaixo de um nível de *boulders* de arenito e de vulcânicas vesiculares tipo “cupim”.

A unidade mais inferior que compõem as frentes de lavra é o nível dacítico semi-vítreo vesicular de cor preta e brilho resinoso, que possui espessura média de 1,5 a 3 m. O nível semi-vítreo ocorre imediatamente abaixo dos níveis portador e dacítico vesicular. O nível dacítico semi-vítreo também é portador de geodos de ágata; entretanto, esses geodos têm diâmetro reduzido.

O nível basáltico vesículo-amigdaloidal portador (Fig.4.6) ocorre imediatamente acima do nível dacítico semi-vítreo e é vulgarmente denominado de “tabatinga”. A rocha tem cor cinza-claro, textura hipohialina e ocorre muito alterada. O nível portador é caracterizado pela presença de diversos tipos de geodos de ágata e pelas principais feições texturais e estruturais, tais como: diques areníticos, estruturas entrelaçadas entre os arenitos da Fm. Botucatu e finas

Botucatu e finas lentes do derrame basáltico portador e encraves de porções com forma elíptica do nível dacítico semi-vítreo.

A unidade lítica seguinte é o nível dacítico vesicular, que tem espessura média de 6 a 7 m e que é vulgarmente denominado de “cupim” devido ao aspecto textural característico do dacito vesicular. A rocha é castanha avermelhada; as vesículas e amígdalas ocorrem orientadas, têm forma elíptica, possuem diâmetro de 0,5 a 1 cm e são preenchidas por quartzo, alteração argilosa de cor branca que é muito friável e, menos frequentemente, por preenchimentos irregulares de calcita. Em alguns garimpos, ocorrem, inseridas nesse nível, estruturas do tipo *boulders* (Fig.4.7) de forma elíptica com 3 metros de altura por 6 metros de comprimento; esses *boulders* são constituídos por um arenito vesicular circundado por uma camada centimétrica do dacito vesicular superior ("cupim"). A estrutura está envolta por uma matriz argilosa de cor amarela esverdeada que é alteração da rocha vulcânica e está, em termos estratigráficos locais, inserida no nível dacítico vesicular.

Estratigraficamente inserido entre o nível dacítico vesicular (DV) e o dacito glomeropórfito superior, ocorre um nível tabular com espessura centimétrica a decimétrica de cor castanho amarelado, constituído por argila muito friável de cor amarela esverdeada. É uma camada contínua com espessura média de 0,5 a 2,0 m, forma tabular e com continuidade lateral na região de Salto do Jacuí. Esse horizonte constituído por argila pode representar o resultado do processo de alteração do vidro vulcânico basáltico à argila montmorillonítica. Entretanto, esse nível de argila não é característico de todas as frentes de lavra, como as demais unidades líticas supracitadas. Serão necessários estudos complementares para determinar a composição da argila e, conseqüentemente, a litologia que originou esse horizonte.

Em algumas frentes de lavra ocorre, inserido entre o dacito superior e o dacito vesicular, um nível dacítico semi-vítreo com geometria tabular (fig 4.8), continuidade restrita e com espessura de 1 a 2 metros. Este nível dacítico superior ocorrem geralmente associado com o horizonte de argila. A principal diferença macroscópica em relação ao nível dacítico semi-vítreo inferior é que esse nível dacítico não possui textura vesicular, que é característica do nível dacítico semi-vítreo inferior. O nível estratigráfico seguinte é o dacito glomeropórfito superior, que se constitui, em nível local, na última unidade lítica aflorante na região de Salto do Jacuí. Esse dacito tem cor cinza claro a castanho e possui fraturas verticais (Fig 4.9) e horizontais com espaçamento centimétrico a decimétrico; as fraturas horizontais estão dispostas em um padrão de fraturamento do tipo anastomosado, com o espaçamento entre as fraturas decrescendo em direção às terminações. É importante salientar que, quando ocorrem as estruturas do tipo *boulders*, o nível de dacito vesicular é a última unidade lítica aflorante da frente de lavra, pois nestes casos não ocorre o nível dacítico superior.



Figura 4.6 - Fotografia de perfil típico da Estrutura Jacuí em escala mesoscópica de detalhe; mostrando os diques de arenito e material vítreo, ambos de cor castanho, que cortam o nível basáltico portador (P) e o dacito vesicular (DV). Os diques ocorrem associados com porções com forma de geodo constituídas pelo mesmo material dos diques (vidro ou arenito). A maioria dos geodos têm formato de uma esfera seccionada, com a base plana.

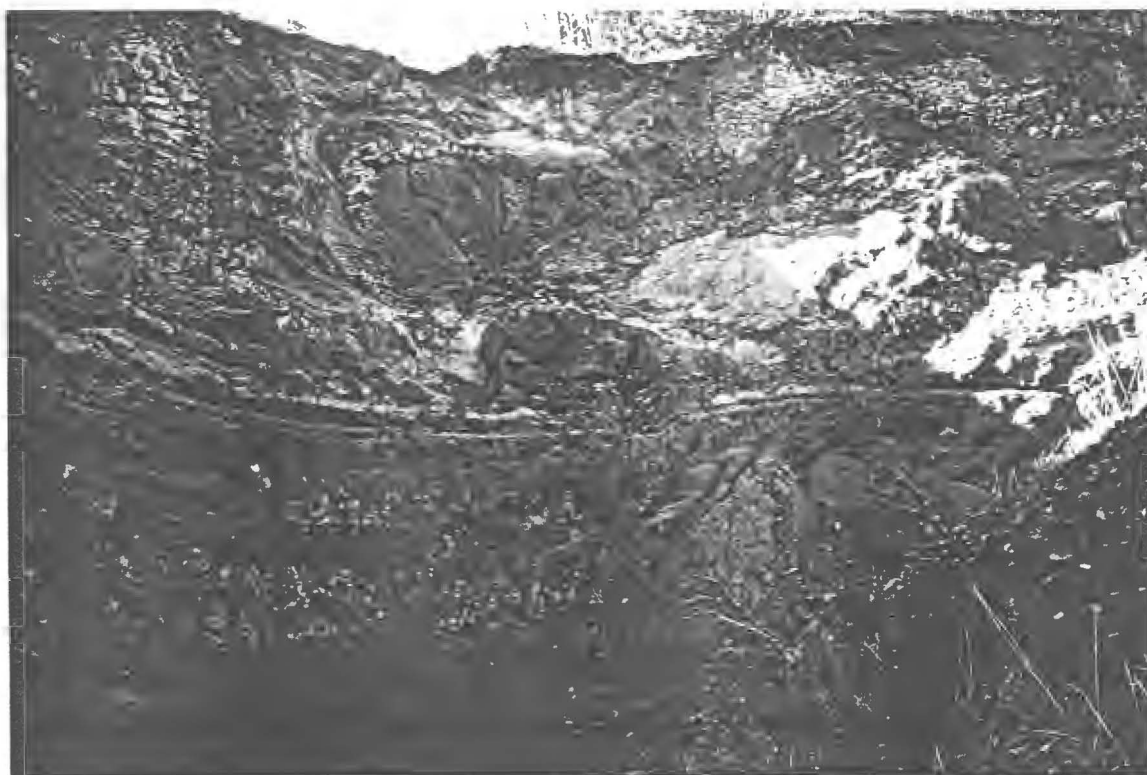


Figura 4.7 - Fotografia das estruturas do tipo *boulders* constituídas por arenito e/ou por rocha vulcânica vesicular de cor castanho avermelhado Idêntica ao próprio nível dacítico vesicular no qual os *boulders* estão inseridos na região de Salto do Jacuí. Os *boulders* têm forma semi-elíptica e tamanho médio de 4 metros de altura por 3 metros de diâmetro.

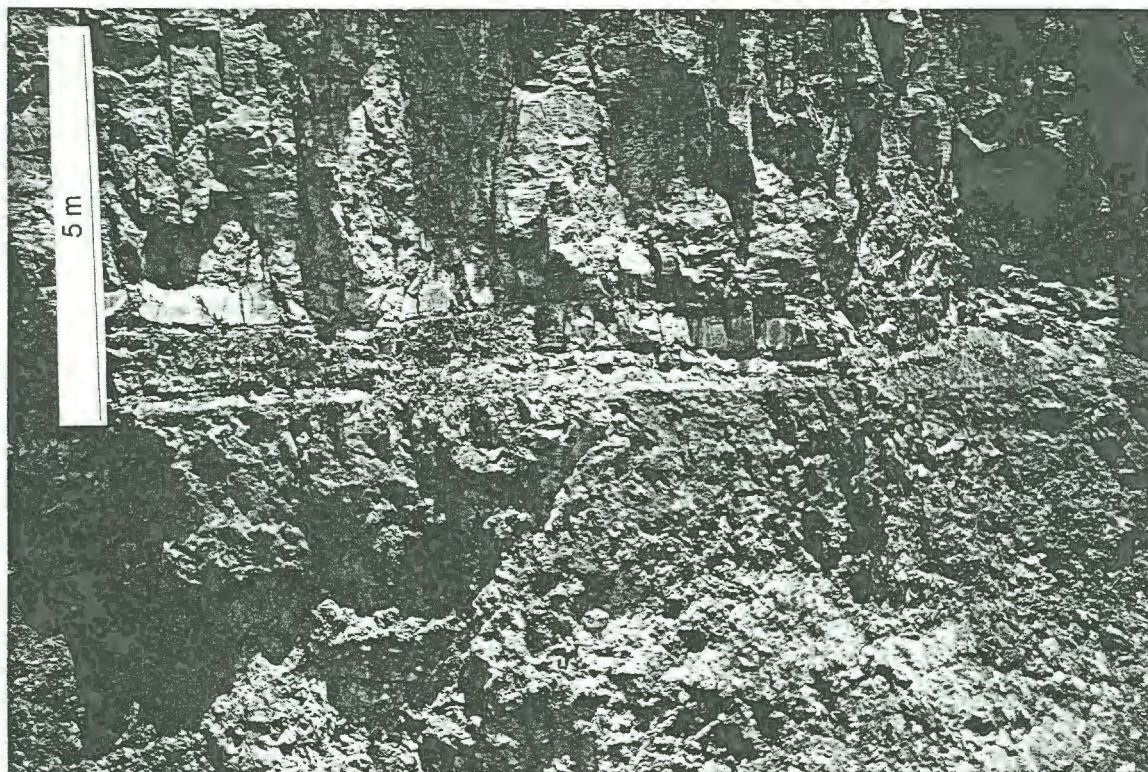


Figura 4.8 – Fotografia do nível dacítico semi-vítreo superior, que ocorre inserido entre o dacito vesicular e o dacito superior em algumas frentes de lava da região de Salto do Jacuí. O nível dacítico superior tem cor preta, mas é recoberto por película de alteração argilosa de cor branca.



Figura 4.9 – Fotografia do padrão de fraturas verticais que ocorrem no nível dacítico superior (DS), que é a última unidade lítica aflorante na região de Salto do Jacuí.

5. PETROGRAFIA DE LITOFÁCIES DOS DERRAMES

Os termos utilizados e as definições das texturas aplicadas em descrição petrográfica encontram-se em anexo e foram extraídos de Cox *et al.* (1979). A identificação e comparação das texturas de rochas vulcânicas foi baseada nas descrições e nas definições de Mackenzie *et al.* (1984) e Bard (1986). A classificação e a nomenclatura das rochas vulcânicas foi aplicada conforme as normas propostas pela IUGS (Streckeisen, 1979).

5.1 Petrografia de litofácies dos derrames na região de Salto do Jacuí - Sobradinho

5.1.1 Basalto Intergranular

Essa unidade é constituída por derrames de basalto com espessura entre 100 e 120 m, que ocorrem em contato inferior com o topo da Formação Botucatu na cota altimétrica de 80 m e, em contato superior, com o intertrape de arenito da Fm. Botucatu da cota altimétrica de 200 m. Esses derrames basálticos têm cor cinza e, petrograficamente, a textura intergranular forte é a característica marcante desse nível regional. As três camadas de arenito da Fm. Botucatu que podem ocorrer compondo o limite superior dessa unidade vulcânica são separadas por um basalto vesicular de cor castanha avermelhada. Contudo, caracteristicamente acima do intertrape da cota altimétrica de 200 m, que tem continuidade regional, ocorre uma camada de aproximadamente 2 m de espessura formada por um basalto cinza-claro com lentes de 3-5cm por 5 mm de sílica amorfa, caracterizando um bandamento descontínuo disposto em planos horizontais concordantes com a disjunção. O contato com o arenito da Fm. Botucatu e com o basalto vesicular é normalmente brusco e sem relações de intrusão. Raramente, o basalto vesicular trunca o conjunto formado pelo arenito e o basalto com lentes delgadas.

O basalto intergranular associa-se a um basalto intergranular de cor castanha avermelhada com textura vesicular forte. As vesículas e amígdalas possuem de 3-4 mm, até 3 cm de diâmetro (moda de 0,5 cm) e são preenchidas por calcita, quartzo hialino, calcedônea e alteração argilosa de cor branca-esverdeada; também ocorrem cavidades irregulares preenchidas por cristais de quartzo e/ou calcita, e, associado às amígdalas, ocorre alteração argilosa verde escuro (celadonita). As relações de contato entre estes dois tipos de basalto (intergranular e o vesicular) variam de gradacionais a abruptas, ou intrusivas (presença de apófises de basalto vesicular no basalto intergranular). A transição entre os dois tipos ocorre por meio de um basalto com pórfiros de calcita, que marcam um bandamento descontínuo sub-centimétrico a centimétrico colocado ao longo de planos de disjunção horizontal, passa para uma rocha com bandamento decimétrico dado pela alternância do basalto com pórfiros de calcita e do basalto vesicular, até a predominância do basalto vesicular, que localmente tem

as vesículas orientadas ao longo da disjunção horizontal; essa transição ocorre numa faixa de aproximadamente 20 a 30 m.

O basalto vesicular ocorre entre a parte superior dessa unidade lítica e o arenito da Fm. Botucatu que ocorre na cota de 200 m. Nessa posição estratigráfica, o basalto vesicular (Fig5.1) é melhor caracterizado como uma brecha vulcânica, pois é formado por clastos angulosos de arenito e de basalto vesicular imersos em uma matriz de arenito que passa gradativamente para uma matriz de basalto vesicular; o tamanho dos clastos varia de 10 a 30 centímetros de comprimento.

No contato entre a porção superior da Fm. Botucatu e o basalto intergranular, na cota de 100 m, aflora um basalto intergranular com textura característica constituída por nódulos de cor vermelha com 2 a 4 mm de diâmetro. Essa rocha é holocristalina e fracamente porfírica. Os principais constituintes são ripas de plagioclásio, cristais de clinopiroxênio e minerais opacos. A maioria das ripas de plagioclásio têm 0,25 mm de comprimento, mas podem ocorrer fenocristais com 0,6 a 1 mm de comprimento. Os cristais de clinopiroxênio são menores, subédricos a anédricos e, raramente, ultrapassam 0,25 mm de comprimento. A textura intergranular, ou intersticial é característica e a subofítica fraca ocorre subordinadamente. Alguns cristais de clinopiroxênio ocorrem quase totalmente substituídos por minerais opacos. Os nódulos arredondados com 2 mm de diâmetro são constituídos por material vítreo e por cristais anédricos a subédricos de plagioclásio menores que 0,05 mm; nas bordas dos nódulos, ocorrem microfenocristais tabulares e/ou fenocristais de plagioclásio com até 0,6 mm de comprimento que avançam nos nódulos esféricos de cor vermelha.

No nível altimétrico de 120 m, posicionado acima do basalto com textura nodular, ocorre uma intercalação de derrames de basalto intergranular vesicular e basalto intergranular. O basalto intergranular é holocristalino e afírico. Os principais constituintes são ripas de plagioclásio com menos de 0,10 mm de comprimento, cristais de piroxênio com 0,06 mm de comprimento e minerais opacos desde 0,05 até microfenocristais com 0,25 mm de comprimento. A textura intergranular é forte e, subordinadamente, ocorrem microfenocristais de feldspato tabulares com bordos corroídos e contatos reentrantes com a matriz vítrea. Os microfenocristais de minerais opacos englobam poiquiliticamente cristais de plagioclásio. Em um nível estratigráfico superior, na cota de 120-140 m, ocorrem níveis de basalto vesicular que englobam blocos centimétricos irregulares de arenito da Fm. Botucatu, formando uma brecha vulcânica (Fig 5.2).



Figura 5.1 – basalto vesicular com preenchimentos calcíticos associado com clastos angulosos de arenito, caracterizando a “brecha” vulcânica



Figura 5.2 – Brecha vulcânica formada por fragmentos irregulares de arenito e de basalto vesicular que ocorre no nível altimétrico de 140 m.

Os derrames basálticos que ocorrem na cota altimétrica de 140-160 m têm textura intergranular e vesículo-amigdaloidal forte e são subafíricos. A matriz, principal constituinte, é hipohialina e constituída por micrólitos de feldspato, minerais opacos, material vítreo e piroxênio intersticial. Todos esses constituintes têm tamanho $<0,2$ mm e o comprimento dos cristais está em torno de 0,04 mm. Em algumas porções, ocorrem fenocristais tabulares de plagioclásio com 0,6 a 1,5 mm de comprimento, que formam glomeropórfiros e que parecem estar corroídos pela matriz vítrea, com bordos reativos e contatos reentrantes. De modo subordinado, ocorrem fenocristais de clinopiroxênio também reativos com a matriz vítrea. A textura subofítica é fraca e não é comum. As amígdalas têm 1-5 mm de diâmetro, são preenchidas por quartzo hialino e são reativas com a matriz vítrea, inclusive com reentrâncias de amígdalas sobre a matriz.

O basalto intergranular que ocorre inserido entre os derrames vesiculares da cota de 140-160 é constituído por ripas de plagioclásio com 0,04 mm de comprimento, grande quantidade de minerais opacos, cristais de clinopiroxênio e material vítreo da matriz hipocristalina. A rocha é subafírica devido à ocorrência de fenocristais tabulares de plagioclásio com 0,5 a 1,2 mm de comprimento, que são reativos com a matriz vítrea, com bordos parcialmente reabsorvidos. Também ocorrem glomeropórfiros de fenocristais de plagioclásio e, raramente, de clinopiroxênio associados. A textura intergranular é característica marcante e a subofítica é fraca, ocorrendo entre microfenocristais de clinopiroxênio e plagioclásio. Os micrólitos de plagioclásio da matriz ocorrem orientados, caracterizando a textura traquítica hialopilítica.

Os basaltos intergranulares com textura vesicular forte afloram no intervalo altimétrico entre as cotas de 180 e 200 m, próximos ao intertrape arenítico da cota de 200 m, limite superior desse nível regional. As amígdalas têm forma esférica, diâmetro de 2 mm e são preenchidas por cristais anédricos de quartzo com 0,04 a 0,1 mm, ou por quartzo microcristalino. A maior parte da rocha é constituída por uma matriz vítrea de cor púrpura, com birrefringência baixa, que contém micrólitos tabulares de plagioclásio com 0,04 mm de comprimento e ripas de plagioclásio com 0,1 mm de comprimento, cristais anédricos de clinopiroxênio e minerais opacos. A textura intergranular é característica, mas os cristais de piroxênio podem ocorrer, em parte, mascarados pela matriz vítrea de cor púrpura e por minerais opacos. Também ocorrem amígdalas irregulares envoltas pela matriz e pelos microfenocristais de plagioclásio com 0,3 mm de comprimento; essas amígdalas mostram feições de reação sobre a matriz vítrea de cor púrpura. Algumas amígdalas ocorrem circundadas por micrólitos de feldspato e de minerais opacos, com os micrólitos de feldspato orientados paralelamente ao perímetro da amígdala, caracterizando a textura traquítica hialopilítica. É comum ocorrerem cristais tabulares de plagioclásio com 0,1 mm de comprimento, que avançam de modo parcial nas amígdalas, com metade do cristal na matriz e a outra metade dentro da amígdala.

Na altura da cota altimétrica de 200 m, ocorre um basalto semi-vítreo com textura intergranular predominante e subafírica a porfírica fraca e textura vesicular fraca. Os principais constituintes são microfenocristais e mais raramente fenocristais tabulares e/ou subédricos de plagioclásio e clinopiroxênio. A matriz é hipohialina e constituída por cristais tabulares de plagioclásio, cristais subédricos a anédricos de clinopiroxênio, material vítreo e minerais opacos. A textura intergranular ocorre na matriz e a subofítica entre os microfenocristais de clinopiroxênio e plagioclásio. Os minerais opacos são os principais acessórios e raramente excedem os 0,05 mm de comprimento. Alguns fenocristais tabulares de plagioclásio atingem até 0,8 mm de comprimento e os microfenocristais de clinopiroxênio dificilmente ultrapassam 0,25 mm de comprimento. Uma feição característica são microfenocristais de plagioclásio com bordos reabsorvidos pela matriz vítrea. Também ocorrem raras amígdalas esféricas com 1 mm de diâmetro preenchidas por calcedônia (ágata) e com bordos corrosivos e contatos reentrantes com a matriz vítrea.

5.1.2 Associação basalto-dacito glomeropórfiro

Essa unidade regional tem aproximadamente 180 m de espessura e está situada entre os intertrapes das cotas de 200-210 m e 380-390 m. Os derrames são de composição basáltica a dacítica e ocorrem associados; ambos têm textura glomeropórfira, que é a característica marcante desse grupo regional de derrames.

Associado aos derrames basálticos glomeropórfiros, ocorrem diques de dacito vesículo-amigdaloidal de cor castanho-avermelhado e com textura vesicular forte, semelhante ao dacito vesicular que ocorre nas frentes de lavra da região de Salto do Jacuí. As vesículas ocorrem orientadas, têm 0,5 a 1,5 cm de diâmetro e são preenchidas por quartzo, calcita ou por material argiloso de cor branca muito friável. Associados às vesículas, ocorrem diques de material vítreo de cor castanho com 0,5 mm de espessura por 3 cm de comprimento. A maioria das amígdalas são preenchidas por cristais de calcita e, subordinadamente, por quartzo; em alguns afloramentos, ocorrem amígdalas irregulares de 5 cm, achatadas e preenchidas por cristais de calcita. O dacito vesicular é formado por uma matriz vítrea de cor púrpura a luz natural e polarizada e, de modo subordinado, por micrólitos de feldspato e piroxênio; podem ocorrer raros microfenocristais de plagioclásio e de clinopiroxênio.

Os basaltos e dacitos glomeropórfiros com textura vesículo-amigdaloidal, que ocorrem no intervalo altimétrico entre as cotas de 200 e 400 m têm cor cinza-claro a escuro, cinza-verde ou castanho escuro. As amígdalas e vesículas têm 3 mm a 2 cm de diâmetro e são preenchidas por quartzo, calcita, ágata, quartzo hialino, zeolitas e por mineral argiloso de cor verde (celadonita), que pode ocorrer circundando argila de cor branca, alteração do preenchimento. A maior parte das amígdalas ocorrem preenchidas por cristais de calcita e de quartzo; também ocorrem cavidades irregulares preenchidas por calcita com 7-8 cm de comprimento e 1,5-2 cm de largura. Os dacitos vesiculares do nível altimétrico de 220-240 m têm cor cinza lilás e são portadores de pequenos geodos preenchidos por quartzo hialino e,

subordinadamente, por ágata; associado a esses derrames, ocorrem níveis de brecha vulcânica constituída por clastos de dacito vesicular envoltos por matriz arenítica.

Os basaltos da cota de 220-320 m têm cor cinza-lilás, ou cinza-esverdeado e possuem textura vesicular forte. As vesículas são preenchidas por ágata, quartzo hialino, calcita, celadonita e minerais do grupo das zeolitas. Também ocorrem níveis de brecha vulcânica constituída por fragmentos de basalto vesicular imersos em matriz arenítica. Os principais constituintes desses derrames basálticos são ripas de plagioclásio, cristais anédricos de clinopiroxênio e, subordinadamente, vidro vulcânico; microfenocristais de plagioclásio com 0,2 mm de comprimento e fenocristais de plagioclásio com até 0,4 mm são raros. A grande maioria das ripas de plagioclásio têm entre 0,10 e 0,15 mm de comprimento. Os cristais anédricos de clinopiroxênio têm 0,05-0,1 mm de comprimento e ocorrem isolados, ou em agregados. A rocha é fracamente subafírica, hipohialina e ocorre piroxênio intersticial entre ripas de plagioclásio, caracterizando a textura intergranular. A textura traquítica hialopilítica, com cristais tabulares de plagioclásio com menos de 0,2 mm de comprimento dispostos paralelamente, também ocorre em porções restritas. Os minerais opacos são os acessórios mais comuns.

No contato entre o intertrape arenítico da cota de 300 m, que tem continuidade local, e o basalto sobrejacente ocorrem dobras sinformes normais a inclinadas com caimento (Rickard, 1971), com ângulo interlimbo variando de 60°-100° (dobras abertas a comprimidas). As dobras são poli-harmônicas, com diferentes comprimentos de onda e amplitude, assimétricas e da classe tipo 1 (paralela) a classe tipo 2 (similar) (Ramsay, 1987). As diferenças entre os tipos de dobras refletem as características reológicas entre os níveis milimétricos a centimétricos alternados e interestratificados de basalto e arenito. A proximidade do derrame basáltico superior, que ocorre em contato com o intertrape arenítico do nível altimétrico de 300 metros, controla a intensidade dos dobramentos, que é diretamente proporcional à proximidade do derrame basáltico.

Os derrames basálticos que ocorrem no intervalo altimétrico entre as cotas de 300-320 m a 400 m têm cor cinza esverdeado e ocorrem parcialmente alterados à clorita. São derrames basálticos holocristalinos com textura afírica a subafírica. Os principais constituintes são cristais tabulares de plagioclásio com menos de 0,1 mm de comprimento, cristais subédricos a anédricos de piroxênio com até 0,06 mm e minerais opacos com 0,05 até 0,25 mm de comprimento. A maioria dos constituintes têm tamanho matriz, isto é, são menores que 0,2 mm. Não é comum ocorrerem microfenocristais tabulares de plagioclásio e de clinopiroxênio e, quando ocorrem, são reativos com a matriz vítrea, pois possuem bordos parcialmente corroídos e contatos reentrantes. A textura glomeropórfira é forte e é constituída por fenocristais tabulares de plagioclásio com 2,5 mm de comprimento, que são reativos com a matriz e que estão associados com microfenocristais de plagioclásio com 0,5 mm de comprimento. Ocorrem, de modo muito subordinado, microfenocristais de minerais opacos

com 0,25 mm de comprimento com inclusões poiquilíticas de cristais anédricos de feldspato e de piroxênio. A textura intergranular é forte e a textura subofítica fraca, e ambas as texturas ocorrem entre cristais da matriz e microfenocristais.

Os derrames dacíticos ocorrem associados com os derrames básicos desde a cota altimétrica de 200 m até a de 400 m. Os derrames dacíticos são constituídos por cristais tabulares de plagioclásio e por cristais subédricos de clinopiroxênio. Os acessórios são os minerais opacos, que têm até 0,5 mm de comprimento. A matriz é hipohialina e é constituída por vidro, micrólitos de plagioclásio com 0,03-0,05 mm de comprimento e, em menor proporção, por cristais de clinopiroxênio e de minerais opacos. A textura da rocha é subafírica e ocorrem glomeropórfiros de microfenocristais com 0,25 a 0,4 mm de comprimento e de fenocristais de plagioclásio e clinopiroxênio com 0,5-1 mm de comprimento. Os fenocristais de plagioclásio têm hábito geralmente tabular e os fenocristais de clinopiroxênio são pseudo-tabulares a tabulares, ou arredondados e possuem, na maioria, fraturas transversais bem marcadas. Raramente, ocorre textura subofítica fraca entre os microfenocristais. Não se observou textura dolerítica na matriz. Alguns fenocristais de clinopiroxênio e de plagioclásio estão parcialmente reabsorvidos pela matriz vítrea, pois mostram reentrâncias e contatos microserrilhados. Alguns fenocristais de clinopiroxênios ocorrem associados com minerais opacos, parcialmente corroídos, e com relíctos poiquilíticos de clinopiroxênio dentro dos minerais opacos.

Abaixo do intertrape arenítico da cota altimétrica de 380 m, ocorrem diques de arenito cortando o basalto. Acima do intertrape da cota 300 m, que ocorre somente ao sul da região de Ibarama, ocorre rocha semi-vítrea de cor preta, brilho resinoso e textura vesicular fraca e um derrame basáltico afanítico com espessura total de 5-10 m. O basalto afanítico é marcado por um bandamento sub-centimétrico dado por nódulos de arenito menores que 0,5 cm. Localmente, abaixo do arenito, pode ocorrer o basalto vesicular com relações intrusivas sobre o conjunto de arenito, rocha semi-vítrea e basalto afanítico. A parte superior dessa unidade também é marcada por um nível de basalto vesicular. Contudo, esse nível é regionalmente descontínuo e, quando assume características de brecha vulcânica, possui clastos com tamanho médio superior àqueles das brechas vulcânicas da cota 200 m; por outro lado, é freqüentemente cortado por diques de arenito com espessura variável de 2 a 20 cm.

5.1.3 Dacito

É a unidade vulcânica mais superior e aflora em altos topográficos a partir da cota altimétrica de 380-400 m, onde está localizado o último intertrape de arenito da Fm. Botucatu. A espessura total dessa unidade é difícil de avaliar devido ao processo erosivo a que foi submetida toda a Bacia do Paraná a partir do período Terciário; contudo, os pontos mais altos da região formados por rocha dessa unidade indicam uma espessura mínima de aproximadamente 160 m.

A base dessa unidade vulcânica é formada por uma rocha avermelhada que possui um nítido bandamento sub-centimétrico a centimétrico como resultado da alternância de bandas de arenito recristalizado e de vidro pigmentado; localmente, esse bandamento aparece ou em dobras assimétricas com direção de fluxo E-NE, ou anastomosado de modo que isola lentes de clastos angulosos menores que 10 cm de arenito. Em direção ao topo, as bandas de arenito ficam menores e mais espaçadas até que a rocha seja formada apenas pelo vidro avermelhado afanítico, que, em alguns casos, possui pórfiros de quartzo e/ou opacos. Segue, então, um vidro vulcânico de cor cinza-escura a preta, que normalmente contém vesículas centimétricas de forma elíptica. A espessura desse pacote de base não ultrapassa 20 m, com média em torno de 8-10 m.

Os derrames dacíticos que ocorrem a partir da cota altimétrica de 380 têm cor castanha, cinza escura, ou cinza esverdeado e não possuem textura vesicular. Os derrames são holocristalinos e têm textura afírica a subafírica fraca. A maioria dos cristais formadores da rocha têm tamanho matriz (<0,2 mm). A matriz é hipocristalina e é constituída por cristais anédricos de feldspato alcalino, micrólitos de plagioclásio, cristais anédricos de quartzo, que inclusive formam agregados, por minerais opacos e por material vítreo, com cristais de clinopiroxênio subordinados e parcialmente mascarados pelos minerais opacos; também ocorrem agulhas de apatita com mais de 0,3 mm de comprimento; raramente, ocorrem microfenocristais de minerais opacos com 0,25 mm de comprimento, que englobam poiquilíticamente micrólitos de plagioclásio com 0,02 mm de comprimento. Os microfenocristais de clinopiroxênio ocorrem associados e/ou substituídos por minerais opacos (Ti-magnetita). Microfenocristais e fenocristais tabulares subédricos a anédricos com hábito pseudo-arredondado de feldspato alcalino, de clinopiroxênio e de minerais opacos também estão presentes, mas raramente formam glomeropórfiros e quase sempre ocorrem com feições de reação, tais como bordos corroídos e reentrâncias da matriz vítrea nos fenocristais. Entre os microfenocristais de plagioclásio e clinopiroxênio, ocorre textura subofítica fraca. Em alguns locais, há a presença de níveis irregulares com 0,2 mm de espessura x 0,5 cm de comprimento constituídos por agregados de cristais de quartzo, com cristais individuais menores que 0,03 mm.

Os níveis dacíticos semi-vítreos ocorrem nas cotas de 400 e 440 m, estratigráficamente acima do intertrape arenítico da cota de 400 m. O intertrape arenítico tem cor castanha e ocorre metamorfisado, com textura vesicular caracterizada pela ocorrência de amígdalas achatadas com 1 a 1,5 mm de diâmetro preenchidas por quartzo. Os níveis semi-vítreos têm 1 a 3 m de espessura, cor preta, brilho resinoso e textura vesicular forte. As amígdalas têm 1-2 mm até 0,5 cm de diâmetro, com moda de 2 mm, e estão preenchidas por alteração de cor verde a branco esverdeado e, mais raramente, por quartzo. A alteração têm a seguinte distribuição do centro para o exterior da amígdala: material branco-verde-cinza. A textura vesículo-amigdaloidal é forte e o nível semi-vítreo é portador de geodos esféricos com

diâmetro de 10 cm que são constituídos por dacito de cor marrom na parte externa e por ágata + quartzo hialino no núcleo da esfera.

O nível dacítico semi-vítreo que ocorre na cota de 400 m tem textura afírica a subafírica e os constituintes essenciais são micrólitos de feldspato e de material vítreo. A matriz, principal constituinte, é hipohialina; nessa matriz, é observado fenocristal de plagioclásio quadrático com 0,9 mm de comprimento parcialmente reabsorvido pelo vidro vulcânico, inclusive com "apófises" de material vítreo dentro do cristal. Alguns microfenocristais de feldspato são reativos com a matriz, com bordos arredondados e parcialmente reabsorvidos. Também ocorrem microfenocristais com 0,2-0,25 mm de comprimento e fenocristais de minerais opacos de até 1mm. Menos freqüentemente, ocorrem glomeropórfiros de microfenocristais de minerais opacos e glomeropórfiros de plagioclásio com 0,2 mm de comprimento.

O nível dacítico semi-vítreo da cota de 440 m é constituído por micrólitos de plagioclásio e de material vítreo. A matriz, que é o principal constituinte, é hipohialina. O dacito tem textura subafírica e, menos freqüentemente, ocorrem glomeropórfiros de microfenocristais subédricos de feldspato alcalino e/ou quartzo com até 0,2 mm de comprimento associados a minerais opacos e a microfenocristais tabulares de plagioclásio com 0,2 mm de comprimento. Pode-se observar glomeropórfiro de fenocristais de feldspato alcalino com 0,6 mm de comprimento parcialmente reabsorvidos pela matriz vítrea, inclusive com "apófises" da matriz vítrea dentro do fenocristal. Alguns microfenocristais tabulares de plagioclásio com 0,2 a 0,25 mm de comprimento estão parcialmente reabsorvidos pela matriz vítrea, com bordos arredondados e reentrâncias da matriz dentro das fraturas transversais dos microfenocristais. Fenocristais de minerais opacos com até 1mm de comprimento isolados ou formando glomeropórfiros e raros microfenocristais subédricos de clinopiroxênio com 0,2 mm de comprimento também estão presentes. A matriz é hipohialina e é constituída por micrólitos de feldspato, vidro, cristais de clinopiroxênio e minerais opacos. Geralmente, os cristais de clinopiroxênio ocorrem associados com minerais opacos.

Estratigráficamente associado ao nível semi-vítreo da cota de 440 m, ocorre um dacito de cor castanho avermelhado com textura afírica a subafírica fraca. Os principais constituintes são micrólitos de feldspato e de material vítreo. Fenocristais tabulares de feldspato com 0,25 a 0,6 mm de comprimento com bordos corroídos pela matriz e, em alguns casos, cortados por microdiques constituídos por material microcristalino, vítreo e por cristais que atingem até 0.8 mm de espessura por 30 mm de comprimento também podem ser observados; além disso, verifica-se relíctos de fenocristais de feldspato que foram quase completamente reabsorvidos pela matriz vítrea. Menos freqüentemente, ocorrem amígdalas com 1,2 mm de diâmetro preenchidas por argila verde. Os minerais opacos são os acessórios mais comuns.

Os derrames dacíticos que ocorrem a partir da cota altimétrica de 500 m têm cor cinza a cinza-esverdeado e não possuem textura vesicular. São dacitos holocristalinos com textura

afírica. Os constituintes essenciais são cristais anédricos à subédricos de feldspato alcalino com 0,2 mm de comprimento, cristais de quartzo com 0,2 mm de comprimento, que, em alguns casos, formam agregados, ripas de plagioclásio com 0,12 a 0,2 mm de comprimento e minerais opacos com menos de 0,1 mm de comprimento até cristais anédricos com 0,7 mm de comprimento; subordinadamente, ocorrem cristais de clinopiroxênio tabulares a anédricos associados com minerais opacos e finas agulhas de apatita com média de 0,1-0,5 mm de comprimento, que também formam agregados; raramente, ocorrem cristais tabulares de clinopiroxênio com 0,25 mm de comprimento quase totalmente substituídos por minerais opacos e microfenocristais de minerais opacos com 0,25 mm de comprimento, que englobam poiQuitilicamente micrólitos de plagioclásio com 0,03 mm de comprimento.

Associado aos derrames dacíticos, ocorrem diques semelhantes ao tipo litológico de basalto vesicular denominado de “cupim” no Município de Salto do Jacuí. Esses diques possuem textura vesículo-amigdaloidal forte e cor castanho avermelhado. As vesículas e amígdalas possuem forma esférica a elíptica achatada, diâmetro de 2 mm até 1,5 cm e ocorrem orientadas e preenchidas por cristais de quartzo e por alteração branca argilosa. As amígdalas são elípticas achatadas e/ou esféricas, têm moda de 2-3 mm de diâmetro e são preenchidas por agregados de cristais anédricos de quartzo, ou quartzo microcristalino com 0,04-0,1 mm de comprimento. Os contatos entre as amígdalas e a matriz mostram feições de reação, tais como bordos parcialmente reabsorvidos e contatos reentrantes e microserilhados. A matriz é constituída por material vítreo de cor púrpura com birrefringência baixa, que contém micrólitos tabulares de feldspato com 0,04 mm de comprimento e ripas de feldspato com 0,1 mm de comprimento, cristais anédricos de clinopiroxênio e minerais. A ocorrência de cristais de piroxênio pode ser restrita, mascarada pela matriz púrpura e por minerais opacos.

5.2 Petrografia de litofácies dos derrames em Salto do Jacuí

5.2.1 Associação dacito-basalto holocristalino

A base da seqüência vulcânica da região de Salto do Jacuí é constituída por uma associação entre um nível dacítico com textura vesicular fraca que ocorre associado a diques areníticos e de material vítreo, ambos de cor castanho claro a escuro. O contato entre o dacito inferior (DI) e o basalto holocristalino (<3% de vidro) pode ser distinguido, em termos petrográficos, com o dacito inferior possuindo textura vesicular e menor proporção de argila de alteração (celadonita). Outra diferença característica é que o nível dacítico inferior (DI) tem uma matriz hipohialina e não é holocristalino como o basalto inferior.

A associação dacito-basalto holocristalino tem espessura mínima aflorante de 60 m, constituindo-se na unidade mais inferior das frentes de lavra da região e correspondendo ao nível altimétrico de 130-200 m. A porção mais inferior dessa unidade aflora nas margens do Rio Jacuí e as melhores exposições localizam-se próximas à Barragem Eng. Maia Filho. O contato superior da unidade de basalto inferior holocristalino não pode ser visualizado devido ao solo espesso e, nas frentes de lavra, o material estéril removido também recobre o topo da

unidade. Entretanto, o limite do contato superior pode ser inferido por meio do nível dacítico semi-vítreo, que é a primeira unidade que aflora acima do basalto holocristalino nos garimpos da região.

Entretanto, posicionado entre o topo da unidade basáltica inferior (BI) e o nível dacítico semi-vítreo (DSV), ocorre um intertrape de arenito da Fm. Botucatu, que localmente não aflora, mas que pode ser diagnosticado a partir de encraves areníticos no nível semi-vítreo (DSV) e no nível portador (P). Contudo, o intertrape de arenito da cota de 200 m aflora próximo a Salto do Jacuí, na localidade de Estrela Velha, onde tem espessura média de 5 m, estratificação plano paralela e cruzada e ocorre abaixo de um nível de *boulders* de arenito e de vulcânicas vesiculares tipo “cupim”.

Macroscopicamente, o basalto inferior (BI) possui cor cinza esverdeado devido à ocorrência de alteração de cor verde intenso, que forma núcleos com até 2 centímetros de comprimento (Fig 5.3). Na base dessa unidade, individualizou-se um nível dacítico (DI) com textura vesicular fraca, com amígdalas de 0,2-0,7 cm de diâmetro preenchidas por quartzo (fig 5.4). Nessa porção dacítica inferior, ocorrem diques com espessura de 5-20 centimétricos e com comprimento de 50 cm a 1 metro, constituídos por arenito ou material vítreo de cor castanha, semelhante aos diques encontrados no nível basáltico portador em todas as frentes de lavra da região. Esse nível dacítico (DI) tem menor proporção de argila verde e possui um aspecto vítreo característico. O contato entre o dacito (DI) e o basalto (BI) é transicional e, macroscopicamente, perceptível apenas na porção mais basal, devido ao aspecto vítreo, textura vesicular fraca e menor proporção de argila verde disseminada.

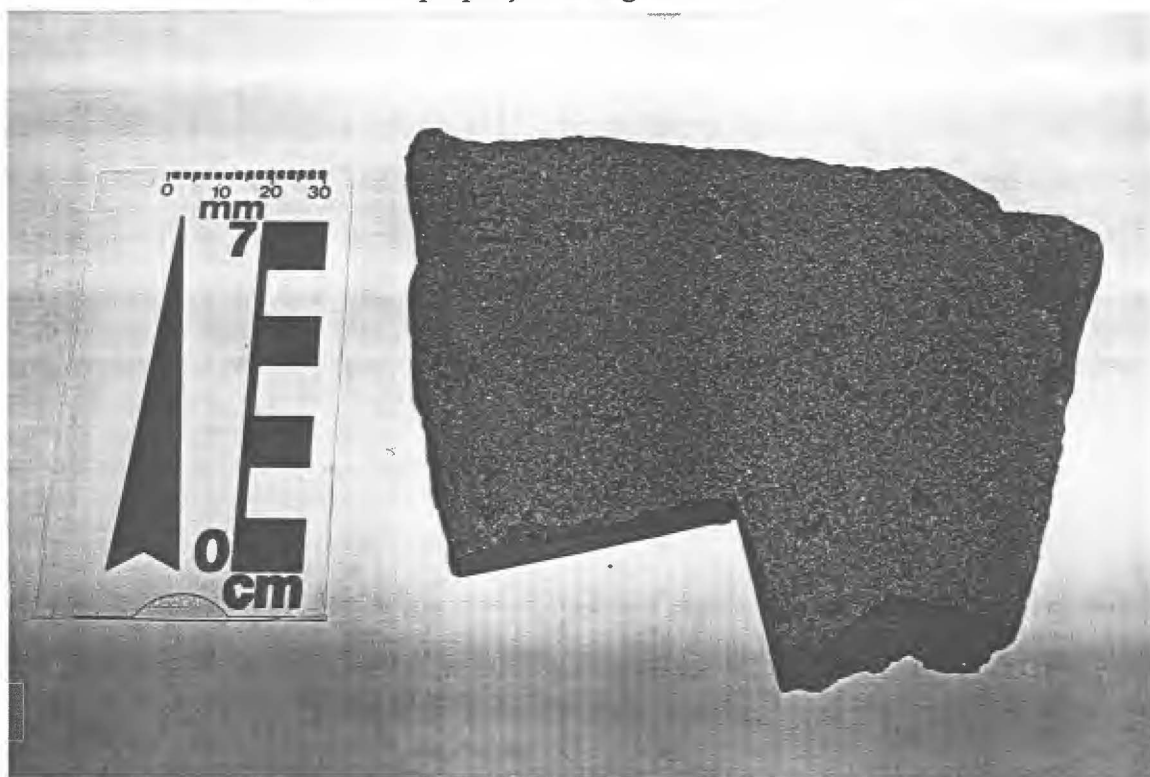


Figura 5.3 – Amostra macroscópica típica da unidade basáltica inferior (BI) da região de Salto do Jacuí.

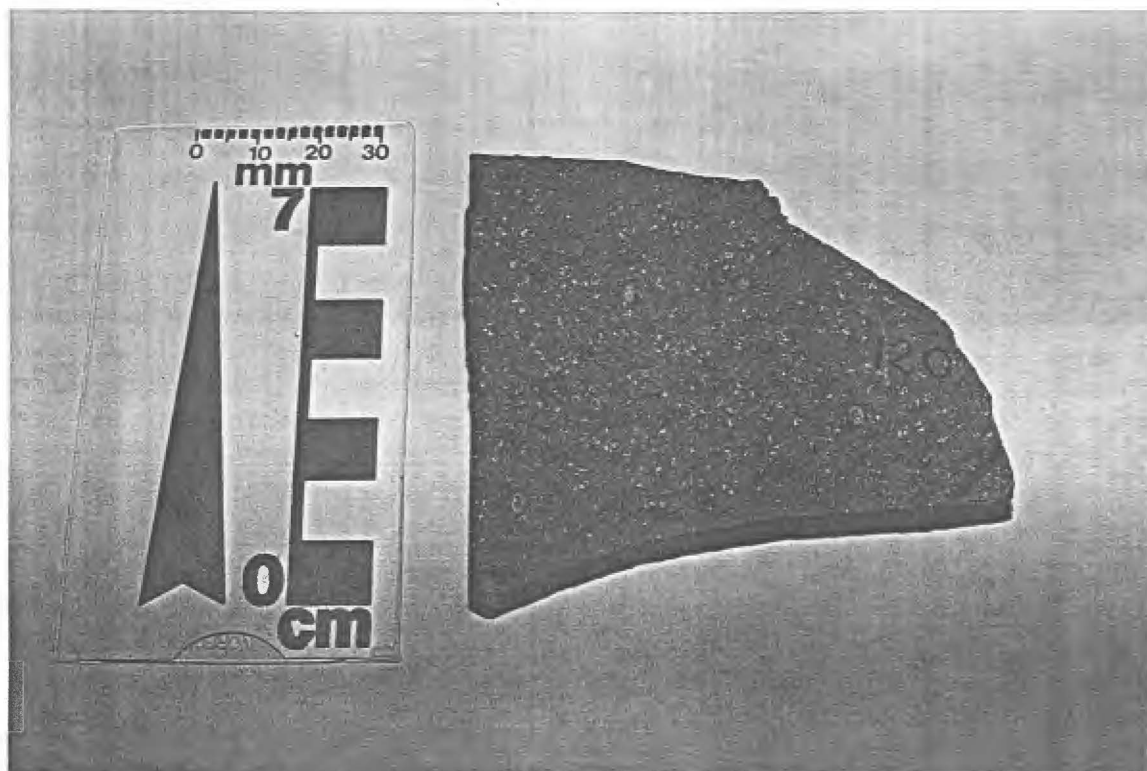


Figura 5.4 – Amostra macroscópica típica do dacito inferior (DI) que ocorre associado com o basalto inferior (BI) e é a unidade mais inferior da seqüência vulcânica da região de Salto do Jacuí.

O nível dacítico inferior (DI) é constituído por cristais tabulares de plagioclásio (maioria) e por cristais anédricos a subédricos de clinopiroxênio imersos em uma matriz hipohialina vítrea formada por micrólitos de feldspato com menos de 0,05 mm de comprimento e por cristais de piroxênio de difícil identificação. Os minerais opacos são os acessórios e ocorrem na matriz, ou associados com fenocristais; também ocorrem microfenocristais tabulares de plagioclásio com 0,2 a 0,5mm (maioria) e, raramente, com até 0,7 mm. Os cristais de clinopiroxênio são geralmente menores e, em média, não ultrapassam 0,25 mm de comprimento; os cristais com 0,5 mm de comprimento são raros. Também é registrada textura vesicular com amígdalas de 1mm de diâmetro preenchidas por quartzo, inclusive microcristalino; feições de reabsorção, tais como: reentrâncias da matriz em "amígdalas" e cristais lípidos de feldspato alcalino com bordos reativos com a matriz. A textura subofítica ocorre entre microfenocristais e é rara.

O basalto inferior (BI) é holocristalino e os constituintes essenciais são cristais tabulares de plagioclásio (maioria) e anédricos a euédricos de clinopiroxênio. Os minerais opacos são os acessórios mais comuns. Microfenocristais de 0,2 a 0,5mm (maioria) e fenocristais (0,6-1mm) de plagioclásio e clinopiroxênio estão presentes e, menos frequentemente, formam glomeropórfiros. Os cristais individuais de clinopiroxênio são geralmente menores (0,12-0,25mm), com 0,2 mm de comprimento em média. Parte dos cristais de plagioclásio podem estar alterados (argilo minerais). A matriz é hipohialina e constituída por microlitos de feldspato (<0,05mm), cristais de clinopiroxênio, minerais opacos (magnetita, ilmenita) e material vítreo. A textura subofítica é comum e a ofítica é rara. Também ocorrem pontuações disseminadas, ou "massas" disformes milimétricas com até 1mm de comprimento, constituídas por argila de cor verde intenso à luz natural e polarizada, circundando cristais de plagioclásio e de clinopiroxênio.

5.2.2 Nível dacítico vesicular semi-vítreo inferior

O nível dacítico semi-vítreo (DSV) ocorre na cota altimétrica de 200 m, em posição estratigráfica imediatamente inferior ao basalto vesículo-amigdaloidal portador (P) dos geodos de ágata. O contato inferior dessa unidade não pode ser inferido devido às condições de deposição do rejeito da mineração, que, na maioria dos casos, encobre completamente o próprio nível vítreo. Entretanto, devido às evidências estruturais como blocos irregulares de arenito assimilados pelo derrame vítreo (DSV) e a ocorrência de diques areníticos cortando esse nível é inferido como limite inferior do nível vítreo um nível de intertrape arenítico da cota altimétrica de 200 m. Essa unidade é tabular e tem continuidade lateral para abranger todos os garimpos da região. A espessura média aflorante desse nível geralmente não ultrapassa 2 m na maioria das frentes de lavra localizadas no Município de Salto do Jacuí.

O nível dacítico semi-vítreo (DSV) tem textura vesículo-amigdaloidal forte e também é portador de geodos de ágata e de geodos preenchidos por arenito silicificado na base e no topo por ágata e/ou cristais de quartzo. Na porção inferior do nível semi-vítreo, ocorrem geodos de ágata menores do tipo rolão e rola. Macroscopicamente, o nível semi-vítreo tem cor preta, fraturas conchoidais e brilho resinoso (Fig 5.5); ocorrem amígdalas milimétricas a centimétricas com 1 mm a 6 cm de diâmetro e com moda de 2-3 mm, preenchidas por argilo-minerais e/ou calcedônia. As amígdalas preenchidas por argilo minerais (alteração) têm a seguinte distribuição, do interior para a parte externa da amígdala: material de alteração branco friável no centro, passando para material verde e, na parte externa, material castanho acinzentado.

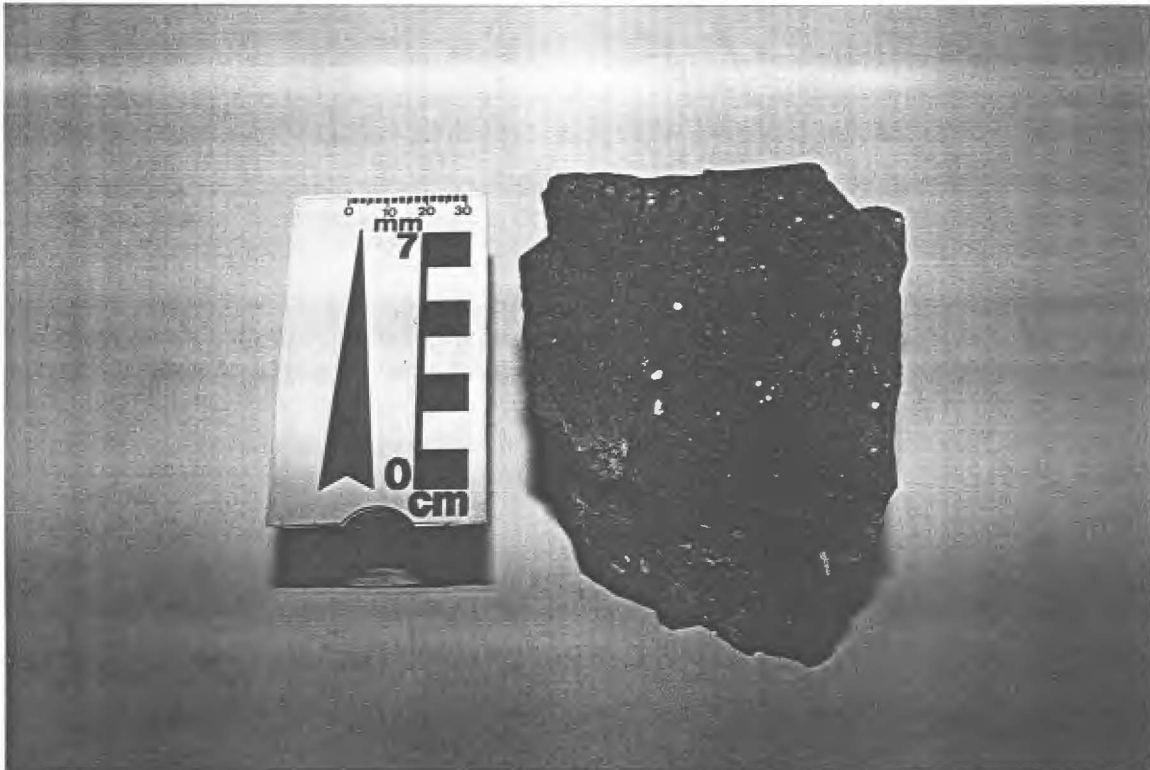


Figura 5.5– Fotografia de amostra macroscópica típica do nível dacítico semi-vítreo (DSV), que é a primeira unidade aflorante das frentes de lavra da região de Salto do Jacuí

Grande parte das amígdalas têm forma elíptica achatada e algumas amígdalas estão preenchidas apenas por material argiloso verde (centro) e castanho cinza (parte externa), indicando que o material verde provavelmente altera para o material branco argiloso friável; em algumas amígdalas, no entanto, ocorre somente a alteração branca.

A rocha é subafírica a fracamente porfirítica e apresenta microfenocristais (maioria) e fenocristais de plagioclásio e clinopiroxênio (augita e/ou pigeonita) com hábito tabular. Os microfenocristais de clinopiroxênio e de plagioclásio têm, em média, 0,15 a 0,35 mm de comprimento, mas podem atingir até 0,5 mm. Os fenocristais variam de 0,6 a 3 mm de comprimento. Frequentemente, ocorrem glomeropórfiros de microfenocristais de plagioclásio, feldspato alcalino e/ou clinopiroxênio variedade augita. Os acessórios são os minerais opacos, com 0,1 a 0,2 mm de comprimento. A textura subofítica é comum e ocorre entre os microfenocristais e na matriz, caracterizando a textura dolerítica ou intersticial. A matriz é hipohialina e constituída por ripas de plagioclásio com 0,04 mm de comprimento, material vítreo, grãos de clinopiroxênio e minerais opacos. Alguns cristais de clinopiroxênio ocorrem reabsorvidos, com bordos de reação com a matriz vítrea.

5.2.3 Nível basáltico vesículo-amigdaloidal portador

Essa unidade (P) ocorre inserida entre o nível dacítico semi-vítreo (DSV) e o dacito vesicular e tem espessura média aflorante de 7 m (fig 5.6). O contato entre o nível portador e o nível dacítico semi-vítreo (DSV) é irregular e possui lentes de vidro vulcânico dacítico. O nível portador assimila porções com forma esférica a elíptica de vidro dacítico (DSV); essas porções elípticas e/ou esféricas de rocha semi-vítrea dacítica ocorrem disseminadas na parte mediana do nível portador (fig 5.7); em alguns casos, as lentes tipo "esferas de vidro" englobam, no núcleo, porções centimétricas do próprio nível basáltico-andesítico portador onde estão inseridas, indicando que o vidro dacítico (DSV) está geneticamente relacionado com o evento de extrusão do derrame basáltico-andesítico vesículo-amigdaloidal portador, ambos gerados simultaneamente.

Os geodos têm diâmetro variável, com média de 10-15 cm (15x10x5 cm), mas podem atingir até 90 cm de diâmetro, ou mais. A concentração e tamanho dos geodos decresce em direção ao topo do nível basáltico portador (P), como pode ser percebido pela concentração dos túneis de extração/exploração na porção inferior. Associados ao nível portador, ocorrem diques de arenito silicificado e de material vítreo de cor castanho, que possuem espessura de 2 a 35 centímetros e comprimento de 10 cm a 3 m. Próximo aos diques areníticos e de material vítreo, em um raio de influência de aproximadamente 1m, diminui a frequência de ocorrência de geodos e, os mais próximos, têm a paragênese silícea constituída por ágata+cristais de quartzo; a base desses geodos é constituída por ágata bandada e/ou arenito silicificado, ou material vítreo. A maioria dos geodos associados aos diques areníticos e de material vítreo são constituídos pelo mesmo material dos diques, ou, em alguns casos, por lentes de arenito e de

material vítreo. Na porção superior do nível portador (P), ocorre a maior concentração de geodos preenchidos por quartzo.



Figura 5.6 – Aspecto típico das frentes de lavra da região de Salto do Jacuí. Os geodos de ágata ocorrem distribuídos no nível basáltico portador (P).

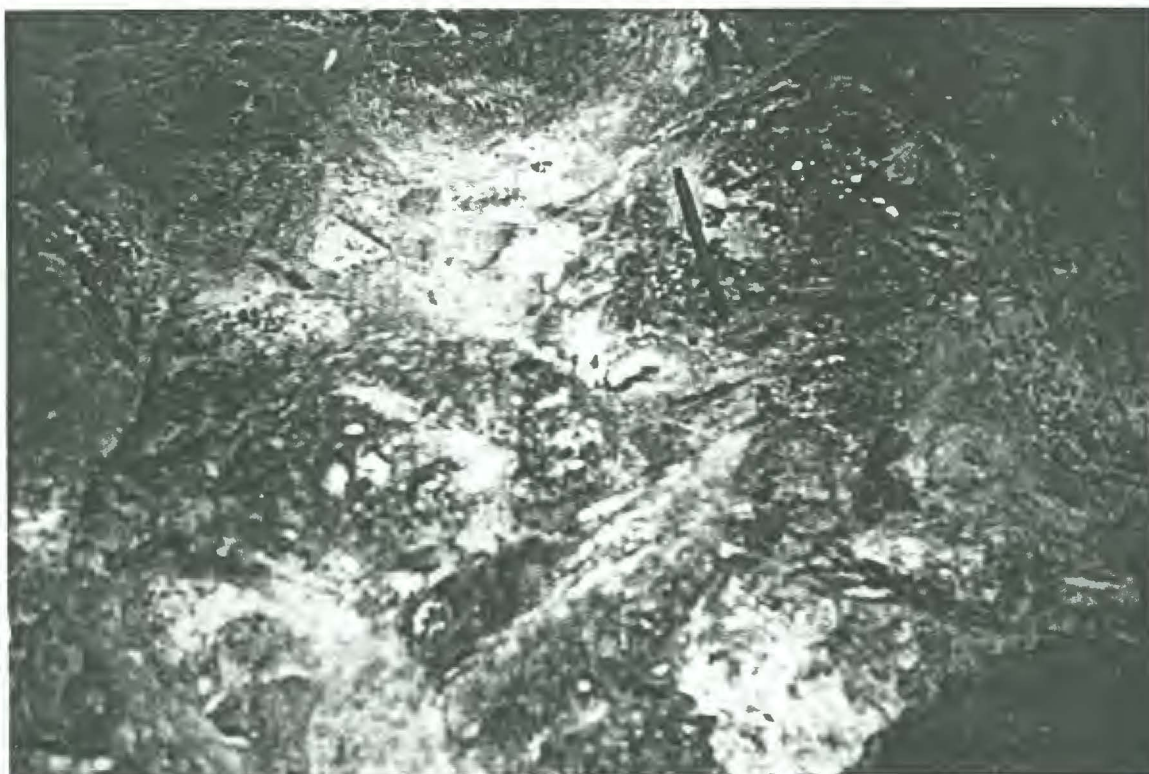


Figura 5.7 – Porções elípticas e/ou esféricas constituídas por dacito semi-vítreo vesicular que ocorrem inseridas na base ou em porções medianas no derrame portador. Essas estruturas têm diâmetro centimétrico a decimétrico e podem alcançar até 1 metro de diâmetro.

Macroscopicamente, o nível basáltico vesículo-amigdaloidal portador (“tabatinga”) tem cor cinza-lilás e está alterado. Esse nível é caracterizado pela ocorrência de grande quantidade de amígdalas e geodos preenchidos por quartzo incolor, calcedônia e material de alteração argiloso friável de cor verde a branca. O tamanho dos geodos e amígdalas varia de milimétrico a decimétrico (4 mm até 90 cm, ou mais) e as amígdalas menores têm geralmente forma elíptica achatada e/ou ocorrem em cavidades irregulares com, em média, 7cm de comprimento por 1 cm de largura. Os geodos de ágata têm formato semelhante a uma esfera seccionada pela metade, com a base dos geodos plana. Os geodos de pequenas dimensões (3 cm altura x 4 cm largura x 7 cm de comprimento) têm forma elíptica e/ou alongada no sentido longitudinal.

Uma feição estrutural característica do nível portador é a ocorrência de dois tipos de diques: diques de arenito fino da Fm. Botucatu e diques de material vítreo, ambos de cor castanha clara a escura e, indiscriminadamente, denominados de “diques de remonte” pelos prospectores locais. Também ocorrem, geralmente associados aos dois tipos de diques, porções de arenito e de material vítreo com formato de geodo, ambos com fraturas milimétricas preenchidas por quartzo incolor. Em alguns geodos areníticos, ocorrem pequenas dobras convolutas suaves a apertadas. De modo subordinado, ocorrem porções de material vítreo de cor castanho escuro com forma de geodo e com textura vesículo-amigdaloidal, cujas amígdalas elípticas de 3 mm de diâmetro estão preenchidas por calcedônia (ágata). O basalto portador pode ainda ocorrer com estrutura “interestratificada”, caracterizada pela alternância de lentes de quartzo e/ou calcedônia com o basalto hipohialino. Essa feição é bastante comum e também ocorre na base de geodos. Ocorrem amígdalas de até 10 cm preenchidas (do centro para fora) por: alteração branca friável com textura acicular e/ou maciça e quartzo e/ou calcedônia. É muito freqüente, em todas as frentes de lavra, ocorrer alteração verde argilosa formando finas películas que recobrem vesículas e amígdalas.

As feições estruturais mais freqüentes que ocorrem na maioria das frentes de lavra são as seguintes:

- geodos de ágata com a base constituída por material vítreo e/ou arenito da Fm. Botucatu + calcedônia (ágata) + basalto vesículo-amigdaloidal portador, todos interestratificados de modo a conferir um aspecto textural parecido com uma textura granítica à base do geodo, que é a zona interestratificada;
- geodos com a base constituída por estrutura bandada pela alternância de lentes de calcedônia e de arenito silicificado, com porções truncadas e dobradas;
- porções areníticas, ou de material vítreo de cor castanho claro a escuro, com formato de geodo, com fraturas milimétricas a centimétricas preenchidas por quartzo incolor e/ou calcedônia (ágata) e com muitas dobras convolutas de pequena amplitude e raras amígdalas elípticas com 3 mm de diâmetro preenchidas por calcedônia (ágata);

- porções com formato de geodo constituídos por níveis de arenito e de basalto vesículo-amigdaloidal (portador) entrelaçados e ramificados e/ou formando dobras (Fig 5.8);
- encraves de arenito com formato de geodo (Fig 5.9) termicamente metamorfizado (na linguagem de garimpeiros denominados de "remonte");
- geodos preenchidos por “arenito” na base e por ágata + cristais de quartzo hialino na parte superior;
- diques de material vítreo de cor castanho claro a escuro (“diques de remonte”). Próximo aos diques de material vítreo, é rara a ocorrência de geodos e, quando eles ocorrem, têm tamanho e quantidade reduzidos por uma distância de influência de 1,5-3 m em média. Os geodos próximos ao dique têm a base constituída pela paragênese calcedônia bandada + cristais de quartzo hialino;
- geodos formados por mistura entre arenito + basalto + níveis de ágata + quartzo (base) e por ágata + cristais de quartzo na parte superior;
- encraves com forma elíptica a esférica, com 15 a 40 cm de diâmetro, constituídos por dacito semi-vítreo vesicular (DSV), praticamente idêntico, em termos macroscópicos, petrográficos e geoquímicos, ao dacito semi-vítreo do nível dacítico vesicular inferior (DI). O núcleo de alguns encraves é constituído por fragmento(s) do nível basáltico vesículo-amigdaloidal portador (BP), que são assimilados pelo encrave semi-vítreo dacítico vesicular (DSV), da mesma forma que o nível portador também assimila os encraves. Essas estruturas ocorrem inseridas na porção mediana do nível basáltico vesículo-amigdaloidal portador (“tabatinga”).

Algumas das feições estruturais citadas acima são utilizadas como guias prospectivos regionais, guias prospectivos locais interunidades e como guias locais de controle da exploração do nível basáltico portador. Os geodos com a base preenchida por ágata e o topo por quartzo hialino, os diques areníticos silicificados e de material vítreo e os encraves de dacito semi-vítreo vesicular são exemplos de guias prospectivos locais do nível portador. Os principais guias prospectivos locais interunidades, locais específicos para o nível portador e os guias prospectivos regionais, são caracterizados e agrupados com maior detalhamento no subitem 7.3.

Para verificar as relações entre as unidades líticas, texturas e estruturas associadas ao derrame basáltico portador (P) da seqüência vulcânica da região de Salto do Jacuí, as principais feições estruturais associadas foram amostradas de modo sistemático e, por meio do exame de lâminas delgadas, caracterizadas ao microscópico petrográfico.

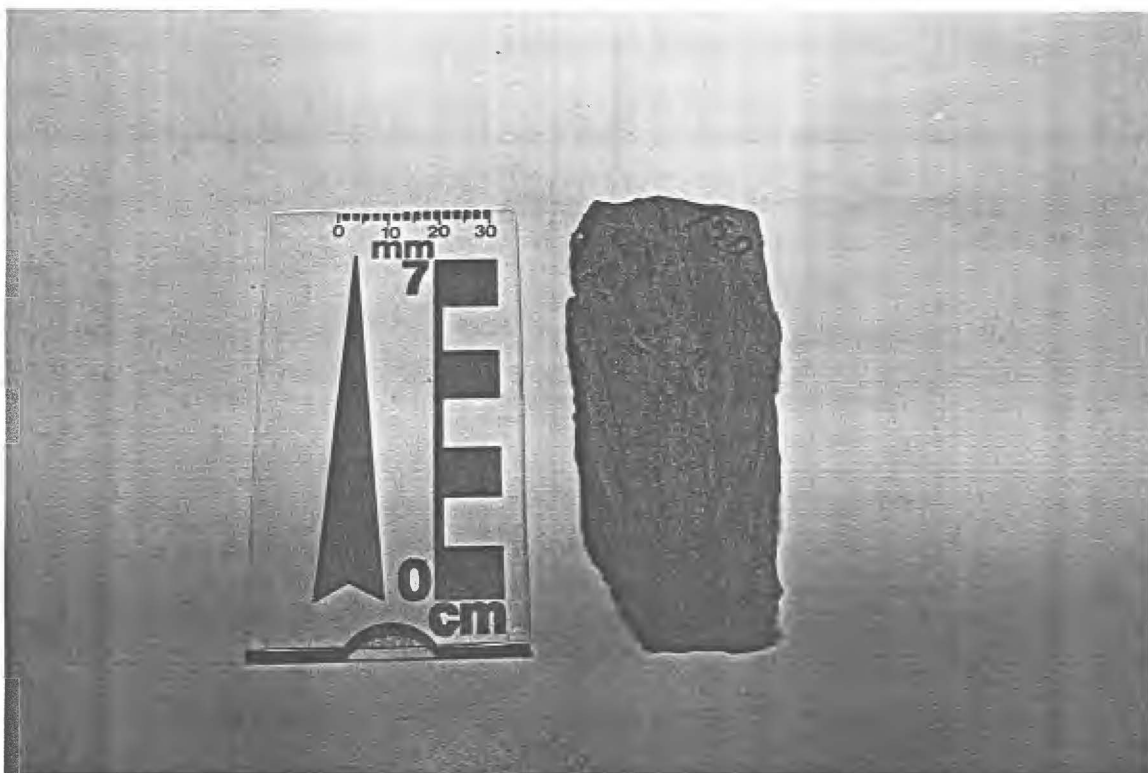


Figura 5.8 – Amostra de porção com formato de geodo constituída por lentes entrelaçadas de basalto portador e de arenito. Essa feição textural ocorre inserida dentro do nível basáltico portador.



Figura 5.9 – Porção com forma de geodo constituída por arenito quartzo-feldspático fino.

Microscopicamente, o nível portador é formado, na grande maioria, por uma matriz vítrea hipohialina constituída por vidro vulcânico e, subordinadamente, por micrólitos de plagioclásio, clinopiroxênio e de minerais opacos. Caracteristicamente, ocorrem glomeropórfiros de microfenocristais de plagioclásio, clinopiroxênio e de minerais opacos com, em média, 0,25 mm de comprimento; também ocorrem muitos microdiques de calcedônia e de quartzo, que podem formar texturas entrelaçadas com a matriz vítrea. Os microfenocristais de plagioclásio, clinopiroxênio e de minerais opacos são reativos com a matriz, com bordos parcialmente corroídos e arredondados.

Ocorre porções basais de geodos caracterizadas pela alternância de níveis de basalto portador com níveis de material vítreo de cor castanha clara a escura. Os níveis de basalto possuem microfenocristais de plagioclásio e, menos freqüentemente, de clinopiroxênio imersos em matriz hipohialina constituída por micrólitos de plagioclásio, piroxênio, vidro e de minerais opacos; os minerais opacos são os acessórios mais comuns e podem atingir até 0,6 mm de comprimento. O material vítreo tem cor púrpura a luz natural e polarizada e ocorre intercalado com níveis alongados de quartzo com poucos milímetros a 3 cm de comprimento e espessura média de 5 mm; alguns desses níveis são ramificações do basalto hipohialino que intrude o material vítreo. Menos freqüentemente, microfenocristais de plagioclásio com reentrâncias preenchidas pelo material vítreo de cor púrpura podem ser identificados. A interação entre essas litologias ocorre com o basalto hipohialino englobando fragmentos de material vítreo de cor púrpura no contato entre ambos, ou com o basalto injetado profundamente dentro do nível vítreo de cor púrpura, produzindo a estrutura interestratificada característica.

As porções com forma de geodo constituídas por arenito que ocorre no nível portador têm cor castanha e ocorrem silicificadas e associadas a diques areníticos. O arenito é fino (<1 mm) e constituído por grãos de quartzo, subordinadamente por grãos de feldspato alcalino e, raramente, por plagioclásio. O arenito é pouco compactado com raros contatos pontuais. É normal observar porções disformes, ou alongadas com 0,05 mm até 1 mm de comprimento de material vítreo de cor vermelho a castanho-escuro e minerais opacos. Também ocorrem lentes alongadas e ramificadas de minerais incolores com extinção ondulante em leque (calcedônia), com espessura de 1-2 mm e com comprimento de 0,5 a 1,5 cm. As lentes de calcedônia penetram e/ou englobam o material vítreo vermelho e o contato entre ambos é "microserrilhado", com reentrâncias e apófises das lentes de calcedônia.

5.2.4 Nível dacítico vesicular

O nível dacítico vesicular ocorre estratigráficamente posicionado entre o dacito glomeropórfiro superior (DS) e o basalto vesículo-amigdaloidal portador (P). A espessura média dessa unidade lítica é de 4-5 metros. Esse nível é localmente denominado de "cupim" pelos prospectores locais, devido ao aspecto textural característico da disposição de suas amígdalas e vesículas; elas têm cor castanha-avermelhada e apresentam estrutura vesicular

homogênea, com a imensa maioria das amígdalas e vesículas orientadas. A rocha ocorre bastante alterada.

Macroscopicamente, o nível dacítico vesicular superior possui cor castanho avermelhado e, caracteristicamente, têm muitas vesículas (maioria) e amígdalas com diâmetro de 1 mm a 4 cm. As vesículas têm forma elíptica achatada, estão orientadas e têm entre 0,5-1,5 cm de diâmetro. As amígdalas são preenchidas por material argiloso branco friável (alteração) e/ou por cristais brancos com aspecto vermiforme de quartzo e, mais raramente, ocorrem preenchimentos calcíticos irregulares com 8 cm de comprimento por 4 cm de largura. Raramente, aparecem pequenos geodos de cor preta preenchidos por calcedônia, os quais estão sempre localizados na porção inferior desse nível.

A textura é fortemente vesicular. As amígdalas têm forma elíptica achatada e diâmetro de 2 mm preenchidas por quartzo microcristalino; uma auréola com 0,1 mm de espessura pode ser observada e é constituída por quartzo microcristalino com birrefringência mais alta. As amígdalas são reativas com a matriz vítrea, com contatos reentrantes e micro-serrilhados. A matriz é constituída por material vítreo de cor púrpura a luz natural e polarizada, micrólitos de feldspato com 0,05 mm de comprimento, minerais opacos com 0,01 mm de comprimento. Menos freqüentemente, ocorrem microfenocristais anédricos de clinopiroxênio com 0,25 mm de comprimento e, mais raramente, fenocristais anédricos com 0,5 mm. Ocorrem cristais tabulares de plagioclásio e, em menor proporção, de clinopiroxênio; a maioria dos cristais têm entre 0,12 e 0,2 mm de comprimento, sendo comum ocorrerem microfenocristais de plagioclásio e de clinopiroxênio bastante alterados. Também ocorrem lentes com 1,5 a 3 mm de comprimento compostas por agregados de quartzo microcristalino.

As feições de mesoescala mais características que ocorrem no nível dacítico vesicular superior são estruturas elípticas do tipo *boulders* com, em média, 5 a 6 m de diâmetro. Os *boulders* podem ser classificados em 5 tipos principais, de acordo com a sua constituição: 1) arenito vesicular silicificado com auréola centimétrica constituída pelo nível dacítico vesicular superior; 2) arenito friável e silicificado; 3) dacítico vesicular superior. A "matriz" que envolve os *boulders* é constituída por uma alteração argilosa friável amarelo-esverdeada de rocha vulcânica vesicular, ou pelo próprio nível dacítico superior.

Próximo a Salto do Jacuí, na região entre os municípios de Estrela Velha e Arroio do Tigre, ocorrem *boulders* semelhantes aos descritos no nível dacítico vesicular superior. Além dos três tipos descritos acima, também ocorrem *boulders* constituídos por 4) basalto marrom escuro vesicular e por 5) arenito silicificado e material vítreo semelhante aos diques de Salto do Jacuí. A matriz que envolve essas estruturas também é uma argila de cor amarelo-esverdeada proveniente de alteração de rocha vulcânica.

Em escala regional, as feições descritas também ocorrem no município de Sobradinho; entretanto, devido ao estágio avançado de alteração, é possível identificar apenas o formato do boulder, que é constituído por material argiloso friável amarelo-esverdeado que ocorre como

preenchimento e também na matriz das estruturas elípticas; é raro poder identificar que o material que originou a alteração argilosa era uma rocha vulcânica vesicular.

5.2.5 Nível dacítico semi-vítreo superior

O nível dacítico semi-vítreo ocorre estratigráficamente abaixo do nível dacítico glomeropórfiro e acima do nível dacítico vesicular (“cupim”) e tem espessura média de 0,5 a 1 metro. O nível semi-vítreo superior tem morfologia tabular e continuidade restrita, pois é caracterizado em poucas frentes de lavra na região de Salto do Jacuí. O nível dacítico semi-vítreo tem cor preta, mas é recoberto por uma fina película argilosa de cor branca, o que dificulta o reconhecimento inicial em mesoescala. Macroscopicamente, a maior diferença em relação ao nível dacítico semi-vítreo inferior é que esse nível dacítico semi-vítreo superior não tem textura vesicular (Fig 5.10).

Por meio do exame de lâmina delgada, verifica-se que o dacito semi-vítreo é semelhante aos demais; entretanto, a matriz tem ripas de plagioclásio e clinopiroxênio substancialmente maiores, além da ausência de amígdalas e vesículas. A textura subofítica a ofítica ocorre entre os microfenocristais tabulares de clinopiroxênio (augita) e plagioclásio e textura porfírica fraca, caracterizada pela ocorrência de glomeropórfiros de plagioclásio e clinopiroxênio augita também pode ser observada. A matriz é hipohialina e alguns cristais de clinopiroxênio ocorrem parcialmente reabsorvidos pela matriz vítrea.



Figura 5.10 – Amostra macroscópica do nível dacítico semi-vítreo superior, que ocorre inserido entre o nível dacítico vesicular (DV) e o nível dacítico superior (DS) na região de Salto do Jacuí.

5.2.6 Dacito superior

O dacito glomeropórfito é a última unidade lítica aflorante na região de Salto do Jacuí. Tem espessura de 3 a 10 m, mas pode atingir até 15 m ou mais. O dacito ocorre bastante fraturado, com disjunções horizontais e verticais bem marcadas com espaçamento médio de 2 a 5 cm e com maior densidade de fraturas horizontais com espaçamento centimétrico a decimétrico na base do derrame. As fraturas horizontais têm um padrão de fraturamento anastomosado, que é característico, com as fraturas espessando em direção às terminações (Fig. 5.11).

Macroscopicamente, são dacitos variavelmente alterados e fraturados, de cor cinza-acastanhado, cinza claro ou castanho (Fig 5.12). Ocorrem fraturas milimétricas a centimétricas com 1 cm de espaçamento preenchidas por quartzo e, menos frequentemente, vesículas e amígdalas com 1-7 mm de diâmetro preenchidas por cristais de quartzo.



Figura 5.11 – Padrão de fraturas anastomosadas do nível dacítico superior (DS) da região de Salto do Jacuí

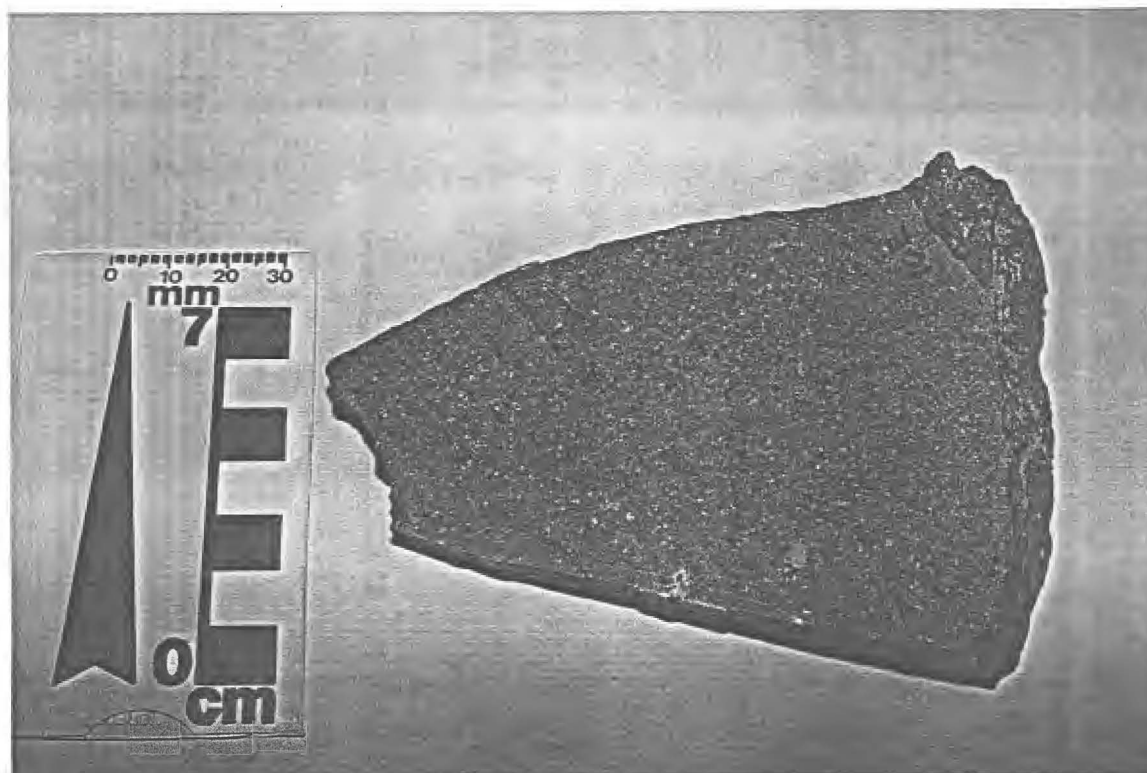


Figura 5.12 – Amostra macroscópica característica do nível dacítico superior, que é a última unidade lítica aflorante da sequência vulcânica da região de Salto do Jacuí.

Por meio do exame de lamina delgada, identifica-se que os constituintes essenciais são cristais tabulares de plagioclásio, que, na maioria, não atingem 0,25 mm de comprimento; subordinadamente, ocorrem cristais de clinopiroxênio (augita) com tamanho médio menor do que 0,12 mm de comprimento. A matriz é hipohialina e constituída por vidro, micrólitos de plagioclásio com 0,01 mm, minerais opacos e cristais de clinopiroxênio. Também ocorrem glomeropórfiros de microfenocristais de plagioclásio, clinopiroxênio, ou ambos, com 0,25 mm de comprimento; em menor proporção, ocorrem fenocristais tabulares de clinopiroxênio e de plagioclásio com 0,5 a 1 mm de comprimento; fenocristais com até 3 mm são raros. Alguns fenocristais de clinopiroxênio têm inclusões poiquilíticas de minerais opacos com até 0,25 mm. A textura subofítica a ofítica aparece entre os microfenocristais e fenocristais e também na matriz, caracterizando a textura dolerítica, ou intersticial. Os minerais opacos são os acessórios mais comuns e ocorrem tanto na matriz, quanto como microfenocristais. Cristais tabulares de plagioclásio parcialmente reabsorvidas pela matriz vítrea e raros microfenocristais de clinopiroxênio "corroídos" pela matriz e substituídos por minerais opacos também são comumente registrados.

6. GEOQUÍMICA

6.1 Introdução

As rochas vulcânicas da Fm. Serra Geral já foram consideradas como derrames basálticos homogêneos e sem variações composicionais; no entanto, já foram caracterizadas várias associações de rochas básicas e ácidas com diferentes texturas e características geoquímicas, que refletem a grande variedade e complexidade dos eventos magmáticos que atuaram durante o Cretáceo e que foram responsáveis pela geração das rochas básicas e ácidas da Fm. Serra Geral. As rochas vulcânicas ácidas ocorrem concentradas na margem continental leste da Província Paraná. Os basaltos da Fm. Serra Geral são toleíticos e a natureza toleítica dessas rochas é constatada por meio das seguintes evidências (Bellieni *et al.*, 1984b):

- ocorrência comum de clinopiroxênios rico em Ca^{+2} e pobre em Ca^{+2} coexistentes;
- raras Mg–olivinas;
- concentração de minerais opacos (Ti-magnetita e ilmenita) nas rochas basálticas, principalmente na matriz;
- baixa razão álcalis/sílica (média 0,05-0,09).

Uma característica marcante das seqüências vulcânicas que compõem a Fm. Serra Geral é a ausência de rochas com conteúdo intermediário de SiO_2 e o contraste abrupto entre basaltos e riolitos, feição geoquímica denominada de *gap* da sílica. De acordo com Szubert (1978b,1979) a escassez dos termos intermediários, com teor de SiO_2 entre 52-66%, poderia ser explicada pela posição espacial dessas rochas nas seqüências vulcânicas, entre os basaltos da base e os riolitos aflorantes e por modificações de um mesmo magma basáltico original por processos de cristalização fracionada, ou por contaminação crustal; entretanto, essa possibilidade não explica o contraste entre basaltos e riolitos e a ausência de termos intermediários que deveriam ocorrer em seqüências normalmente diferenciadas. O contato abrupto entre tipos básicos e ácidos poderia ser consequência da fusão em condições diferentes no manto superior, por meio de modificações de magmas individuais por cristalização fracionada, ou por contaminação crustal durante a ascensão. Segundo Carmichael (1964), os termos ácidos seriam originados de fusões parciais da crosta continental. Nesse caso, haveriam duas câmaras magmáticas independentes: uma no manto superior (lavas basálticas) e outra na crosta continental (riolitos).

Bellieni *et al.* (1984b) atribuem as fusões riolíticas a diferentes graus de fusão parcial e cristalização fracionada acrescidos de contaminação crustal e Bellieni *et al.* (1986) consideram que a causa da associação bimodal basalto-riolito, ou "*gap* da sílica" (54-63%) seria a geração por fusão parcial de rochas básicas na base da crosta continental durante

espessamento litosférico precedendo os maiores eventos de *rifting* que separaram o Supercontinente *Gondwana* (abertura do Oceano Atlântico Sul).

Um problema fundamental nos estudos petrogenéticos de *CFBs* é distinguir entre os papéis relativos de contaminação crustal e fontes mantélicas enriquecidas nas características geoquímicas das rochas vulcânicas da Fm. Serra Geral (Wilson, 1989). Os basaltos APT e BPT poderiam ter sido afetados por mecanismos de cristalização fracionada à baixa pressão, em alguns casos combinado com contaminação crustal, para gerar magmas mais ricos em SiO₂ (Wilson, 1989). Os basaltos BPT poderiam ser gerados por maiores graus de fusão do que os tipos APT. Em contraste, os basaltos BPT (sul) do tipo Gramado têm uma variação mais alta de ⁸⁷Sr-⁸⁶Sr (0.707 a 0.715) e, no Rio Grande do Sul, ocorrem dois grupos de basaltos BPT com teores mais altos de K₂O, Rb e Ba, variação consistente com diferentes graus de contaminação crustal de magmas de regiões fontes similares (Fodor *et al.*, 1985, 1987).

De acordo com Bellieni *et al.* (1984b), as vulcânicas APT localizadas na região sul da bacia são levementes enriquecidas em Ti, Nb e Zr em relação às APT da porção norte e centro-sul. Bellieni *et al.* (1984b) acreditam ser muito difícil explicar como rochas alto TiO₂ não são enriquecidas em Rb, K, U e Th se elas derivam da mesma fonte de rochas pobres em TiO₂, a não ser via heterogeneidades do manto. Em geral, as variações de elementos maiores e traço sugerem que seqüências de basaltos-riodacitos podem ser relacionadas com processos de cristalização fracionada (Bellieni *et al.* 1984b). De acordo com Bellieni *et al.* (1984a) e Mantovani *et al.* (1985), a origem de rochas vulcânicas BPT e APT é relacionada a diferentes regiões de fontes mantélicas; porém, quando dados isotópicos de Sr são considerados é aparente que algumas lavas das séries BPT poderiam ter sofrido apreciável contaminação crustal (Petrini *et al.* 1987).

Peate *et al.* (1988) atribuem a diferença de conteúdo de elementos traço entre as lavas APT e BPT à derivação de lavas APT de um magma parental BPT por cristalização fracionada. De acordo com Peate *et al.* (1988), os riolitos BPT (SE Paraná) têm razões elevadas de ⁸⁷Sr-⁸⁶Sr, mas sua origem por um processo de *AFC* semi-contínuo não é coerente com a ausência relativa de lavas intermediárias nas seqüências. Por esta razão, os riolitos podem ser considerados como fusões crustais (Cordani *et al.*, 1980).

De acordo com Peate *et al.* (1988) e Mantovani *et al.* (1988), seria esperada uma transição estratigráfica de BPT, para IPT e para APT com a placa migrando para longe do “*hot spot*”. Acima do “*hot spot*” teríamos mais altos graus de fusão parcial (BPT) e menores graus de fusão parcial (IPT e APT) em regiões mais afastadas. Entretanto, a seqüência vista nos furos de sondagem com IPT cobrindo APT, os quais se sobrepõem aos tipos BPT, é difícil de conciliar com esse modelo. Por outro lado, dados ⁴⁰Ar-³⁹Ar mostram que a propagação do magmatismo com o tempo foi em direção SE (Turner *et al.*, 1994), em conflito com o mergulho inferido para NE das unidades magmáticas individuais. Além disso, mais de uma

unidade foi extrudida simultaneamente. Na parte sul da bacia, as unidades APT e BPT ocorrem lado a lado e intercamadas no contato, sugerindo erupções separadas, mas por sistemas de fissuras contemporâneas (Peate *et al.*, 1988).

Em resumo, a geoquímica de elementos traço sugere que os *CFB* derivaram de fontes mantélicas enriquecidas, mas que sofreram variáveis graus de contaminação crustal. De acordo com Peate *et al.* (1992), a escolha do limite de 2 % para separar grupos alto e baixo TiO_2 é arbitrária e não é governada por nenhuma divisão natural na distribuição de TiO_2 em basaltos. Não existem evidências de mistura entre os diferentes tipos de magmas. Desse modo, é inferido que existam sistemas de fissuras e armazenagem separados para os dois tipos magmáticos, com a fonte das lavas do tipo Gramado no sul e a do tipo Urubici no norte, ambas estravazando simultaneamente e produzindo os fluxos interdigitados. Uma feição característica é a marcada mudança na elevação do contato basalto/sedimento ao longo do escarpamento da costa.

Os diques Ponta Grossa têm composição similar aos tipos magmáticos Pitanga, Paranapanema e Ribeira e por esta razão poderiam ser os diques alimentadores dos tipos magmáticos do norte (Piccirillo *et al.*, 1988b). A localização dos diques alimentadores no sul não é muito clara. Os diques ocorrem espalhados e em menor densidade que os diques Ponta Grossa e, embora os tipos Esmeralda sejam dominantes, também ocorrem diques do tipo Urubici e Gramado (Peate *et al.*, 1992).

6.2 Geoquímica dos derrames da região de Salto do Jacuí – Sobradinho

As análises químicas foram executadas no *Activation Laboratories* (Canadá). O *software* utilizado no tratamento dos dados geoquímicos e geração dos diagramas de variação para elementos traço (*spider*) e terras raras foi o MINPET (versão 2.02, 1997). As análises geoquímicas completas estão em anexo. As tabelas 6.1, 6.2 e 6.3 mostram os valores da moda dos teores obtidos agrupados por unidades geoquímicas tanto em nível regional, como local.

Tabela 6.1 Tabela da moda estatística dos teores obtidos para os elementos maiores. Abreviaturas adotadas: DI, dacito inferior; BI, basalto inferior; DSV, dacito semi-vítreo; P, derrame portador; DV, dacito vesicular; DS, dacito superior; R1, associação regional de basalto intergranular; R2B, associação regional de basalto glomeropórfiro; R2A, associação regional de dacito glomeropórfiro; e R3, associação regional de dacito holocristalino.

Uni	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	TiO ₂	P ₂ O ₅
DI	65-66	12	6-7	0,06-0,12	1-1,2	2,5-3,1	2,6-3	3,9-4,9	0,86-1	0,27-0,28
BI	54-55	12	13	0,16-0,21	3	6,9-7,2	2,6-2,9	2-2,5	1,6	0,29-0,31
DSV	64-65	12	2-3	0,10-0,11	1,3-1,4	3,3-3,4	2,8-3,0	3,3-3,6	0,88-0,93	0,26-0,27
P	48-56	13-15	4-7	0,04-0,24	2,1-3,3	2,4-4,9	1,1-1,9	0,3-3,6	0,95-1,1	0,27-0,33
DV	64-67	12	5-6	0,06-0,09	0,6-1,1	1,7-2	1,7-2,5	3-4,9	0,91-0,96	0,24-0,29
DS	63-68	12-13	6-7	0,06-0,11	0,7-1,6	2,4-3,5	2,7-3	4-4,8	0,91-1	0,28-0,33
R1	49-54	12-14,6	9,5-14,5	0,14-0,19	3-5,8	7-9,6	1,7-3,2	0,8-3	1-1,8	0,15-0,2
R2B	50-52	11,9-15	10-12,5	0,11-0,17	3,8-5,7	8,3-9,4	1,4-2,3	0,53-1,59	0,86-1,2	0,12-0,19
R2A	63-69	11,9-13,1	5,3-7,2	0,06-0,16	0,7-1,6	1-3,6	2,8-3,1	2,7-4,9	0,6-1	0,29-0,31
R3	67-71	11,8-12,3	5	0,04-0,1	0,19-0,86	0,65-2,4	2,5-2,9	3,5-5,6	0,6	0,20-0,22

Tabela 6.2 A-B. Tabela da moda estatística dos teores obtidos para os elementos traço. Abreviaturas adotadas semelhantes àquelas da tabela 6.1.

Uni	Ba	Sr	Y	Sc	Zr	V	Cr	Co	Ni	Cu	Zn
DI	550	120	36	16	190	100	26	12	/	60	77
BI	300-400	160	38	36	160	380-400	30	40	27	200	120-250
DSV	510	150	36	17	220	85	20	12	/	60	70
P	134-998	160-200	35	20	260	100	/	13	/	70	100
DV	580	120-170	37	17	220	70-125	20	10	/	60	53-134
DS	560	140	40	18	230	100	20	11.5-13	/	60	70-80
R1	300-400	200	25	35	120-150	250-300	>40	45	>40	100	100-200
R2B	200	200-300	20	35	100	260-300	20-50	40-45	30-50	70	100-300
R2A	550-600	130-150	40-50	18	220-230	100	20-30	12-14	/	70	90
R3	650	100	50	15	290	20	20-40	5-6	/	25-239	70-80

6.2 A

Uni	Rb	Nb	Sn	Cs	Hf	Ta	W	Tl	U	Th
DI	200	15	4	7-19	5	1,6	1,2	1	3,5-4	13
BI	100	14	2	3	4,5	1	1	0,5	1,5-2	6,6-7
DSV	200	22	5	9	6	1,7	1,8-2	1,8-2	4,3	13
P	20-90	25	5-7	2,2-6,8	7-8	1,7-2	1	0,1-0,5	4,6	15-16
DV	60-70	22	5	1,4-6,4	6,5	1,7-1,8	1,3-1,9	0,5-1,1	3,5	14
DS	170	14-23	4-5	7-8	5-6	1,6-1,8	0,7-2,4	1	3,5-4	12-14
R1	30-50	10-13	2	0,7-2	3,5-4	0,6-0,7	/	0,1-0,6	0,8-1,6	4-5
R2B	30-40	7-9		2	2,5-2,8	0,4-0,5	/	0,1-0,6	0,6	3,5
R2A	160	21	4-5	7	6-7	1,7	0,6-2,7	0,9	4	12-13
R3	210	27	6	10-12	8	2	2,5	1,2-1,8	5	17

6.2 B

Tabela 6.3 A-B. Tabela da moda estatística dos teores obtidos para os elementos terras raras. Abreviaturas adotadas semelhantes àquelas da tabela 6.1.

Uni	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd
DI	42	85	8	38	7,8	1,7	7
BI	26,5	52,5-55	5,8-6	27	6,3	1,7	6,8-7
DSV	43	84	8,8	38	7,8	1,5	7,5
P	37-55	75-100	9-11	35-49	7-9	1,5-1,8	7,5-9
DV	46-48	80-91	9	38-41	8	1,6	7,2-8
DS	40-50	80	8-10	35-45	7-9	1,6-2	6-10
R1	17-31	40-60	4-6,7	18-30	4,1-6,6	1,1-1,69	4,3-6,6
R2B	15-17	24-34	3,5	15-18	3,5-4	1-1,3	3,7-4
R2A	42-55	83-90	8-12	39-53	8-11	1,7-2	8-10
R3	53-68	103-115	10-13	47-60	9-12	1,7-2	9-12

6.3 A

Uni	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu
DI	1,2	6,5-10,2	1,3	4	0,5	3,5	0,55
BI	1,2	7	1,5	4,5	0,6	4	0,64
DSV	1,2	6,6	1,3	3,8-4	0,5	3,5	0,55
P	1,1-1,5	6,5-8	1,2-1,6	3,5-4,9	0,45-0,69	3-4,5	0,4-0,7
DV	1,2	7	1,4	4	0,55	3,5	0,55
DS	1,1-1,6	6-9	1,3-1,8	4-5	0,5-0,7	3,5-4,9	0,5-0,7
R1	0,7-1,1	4,3-6,3	0,9-1,2	2,5-3,7	0,35-0,5	2,3-3,4	0,36-0,53
R2B	0,6-0,7	3,4-4,4	0,7-0,9	2,1-2,6	0,27-0,34	1,8-2,3	0,29-0,37
R2A	1,3-1,8	7-10	1,6-2	4,5-6	0,6-0,9	4-6	0,6-1
R3	1,5-2	9-12	2-2,4	5,4-7	0,7-0,9	5-6	0,8-1

6.3 B

Na região de Salto do Jacuí a Sobradinho, ocorrem, de acordo com o diagrama álcalis *versus* sílica (Cox, 1979; Le Bas, 1986) e sílica *versus* $Zr/TiO_2 \times 0.0001$ (Winchester & Floyd, 1977) e conforme Le Maitre (1989) derrames basálticos, andesíticos e dacíticos.(Figuras 6.2 e 6.3). O intervalo de variação dos teores de sílica das rochas vulcânicas da região de Salto do Jacuí - Sobradinho é de 48 a 71 % de SiO_2 . O *gap* dos teores de sílica na região, no entanto, está no intervalo de 55 a 63 % SiO_2 (Fig.6.1); esse *gap* separa, de modo genérico, os derrames ácidos dos derrames básicos.

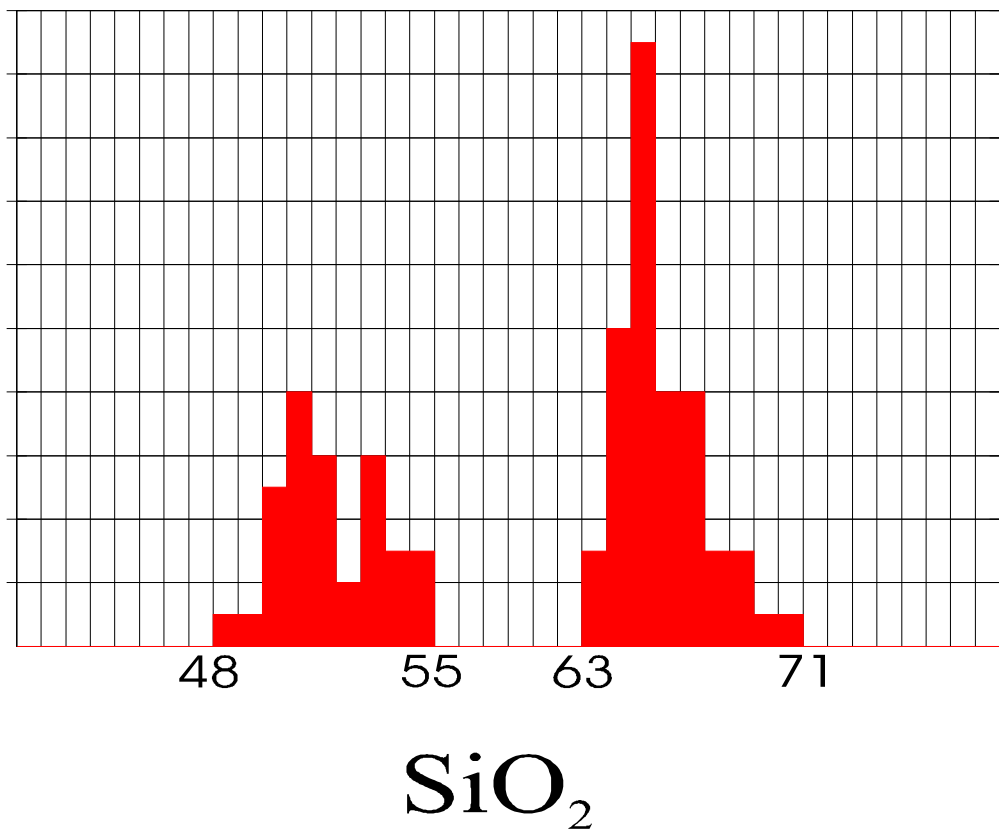


Figura 6.1 *Gap* dos teores de sílica na região entre Salto do Jacuí e Sobradinho. O *gap* dos teores de sílica está no intervalo de 55 a 63 % SiO_2 .

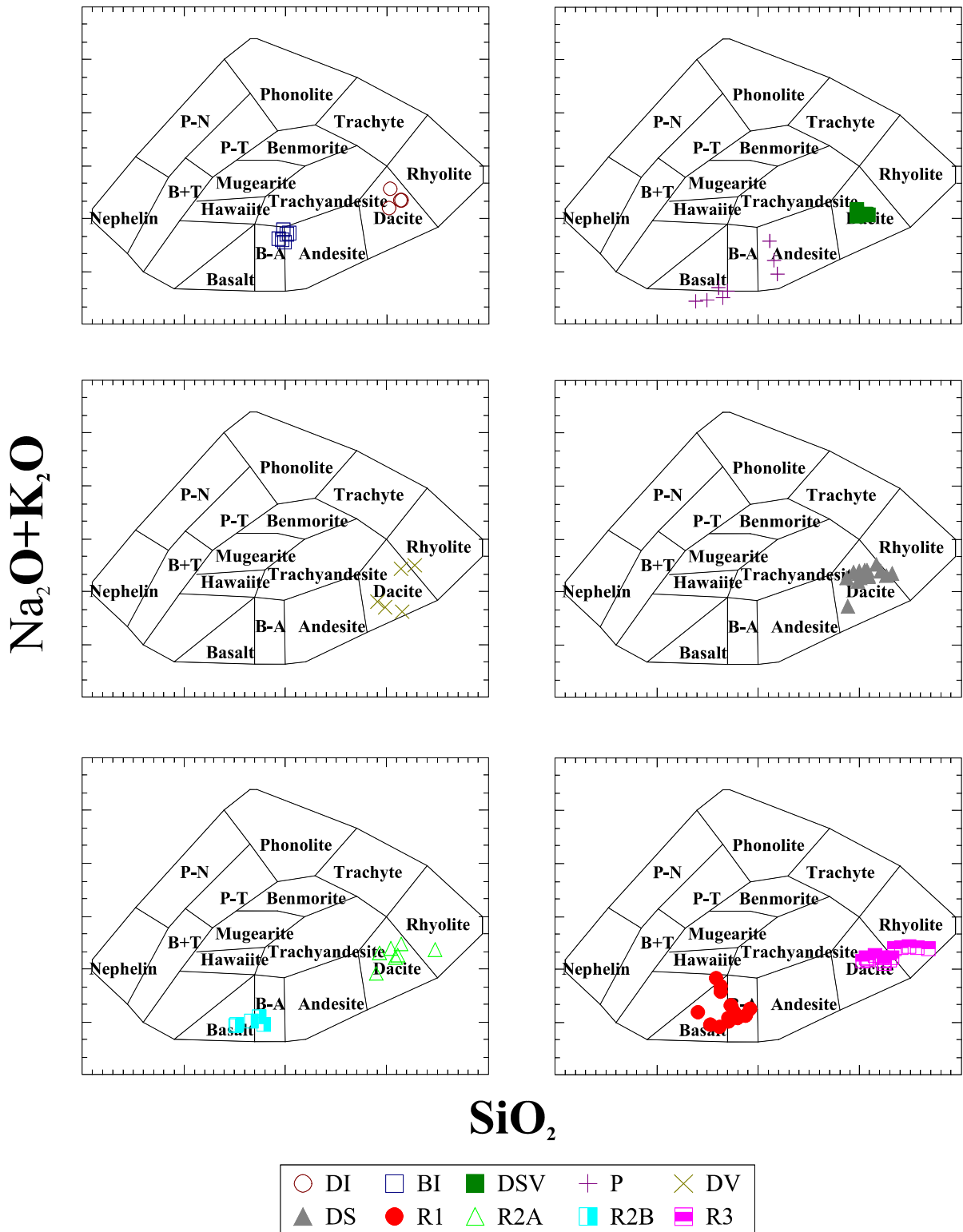


Figura 6.2 Diagrama álcalis versus sílica de Cox *et al.* (1979) mostrando a nomenclatura de rochas normais (não potássicas), para as rochas da seqüência vulcânica de Salto do Jacuí -Sobradinho. Diagramas individualizados para os seguintes tipos de rochas vulcânicas individualizadas: 6.2a- R2A e R2B; 6.2b- R1 e R3; 6.2c- DI e BI; 6.2d- DSV e P; 6.2e- DV e 6.2f- DS. Abreviaturas adotadas são iguais àquelas usadas na tabela 6.1

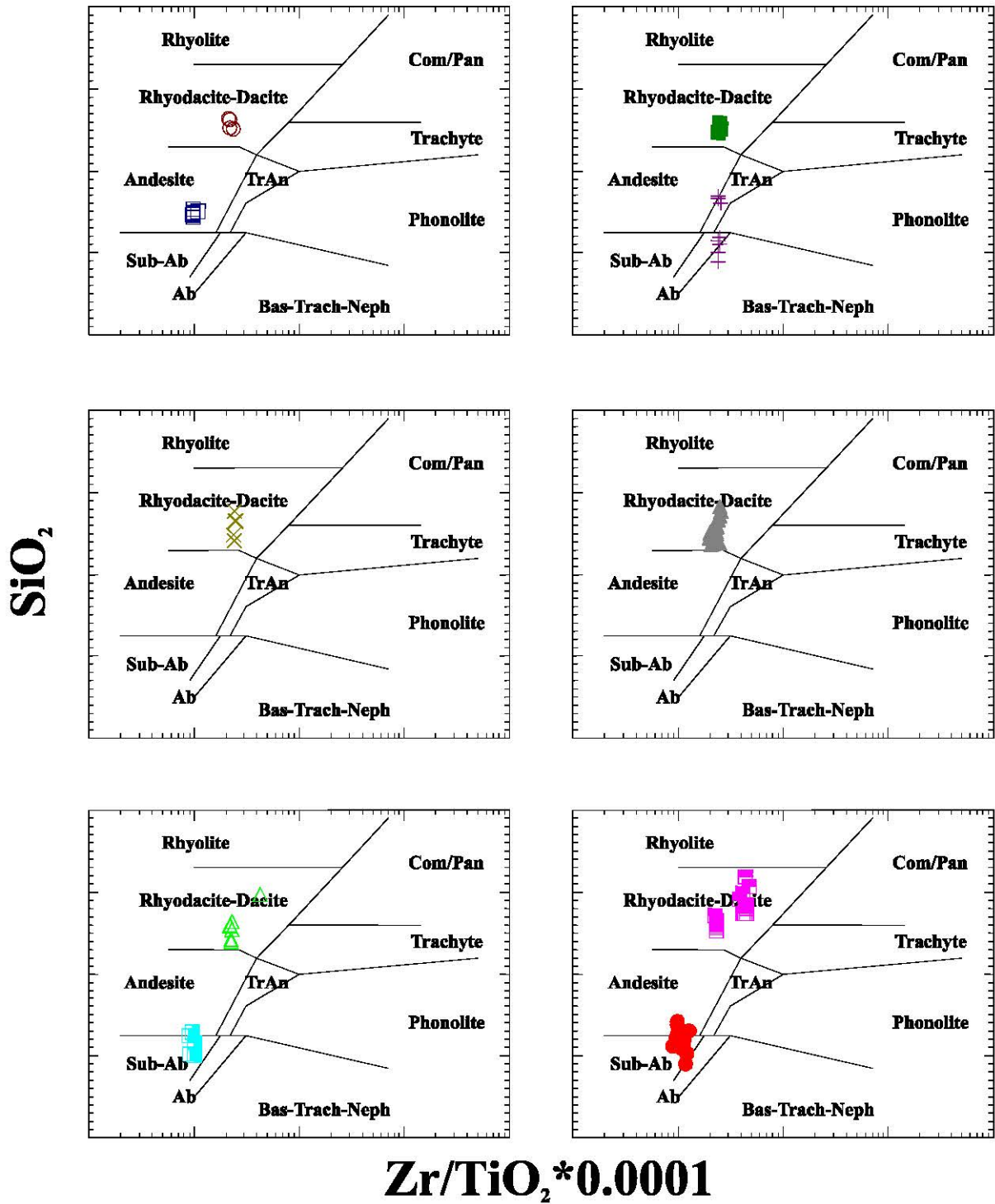


Figura 6.3 Diagrama sílica *versus* $\text{Zr/TiO}_2 \times 0.0001$ (Winchester & Floyd, 1977) para a classificação das rochas vulcânicas. Diagramas individualizados para os seguintes tipos de rochas vulcânicas individualizadas: 6.3a- R2A e R2B; 6.3b- R1 e R3; 6.3c- DI e BI; 6.3d- DSV e P; 6.3e- DV e 6.3f- DS. Abreviaturas adotadas são iguais àquelas usadas na tabela 6.1

Os derrames básicos e ácidos que ocorrem na região são, de acordo com o diagrama álcalis *versus* sílica (Irvine & Baragar, 1971), subalcalinos (baixo potássio, Fig.6.4). Conforme o diagrama AFM de Irvine & Baragar (1971), os basaltos dos níveis regionais R1, R2B e o derrame portador têm afinidade química toleítica (Fig.6.5).

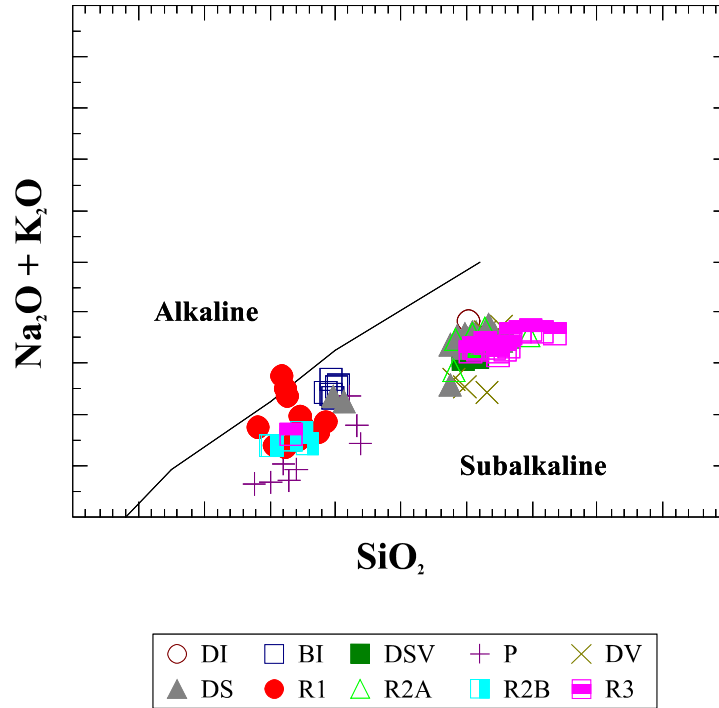


Figura 6.4 Diagrama álcalis *versus* sílica (Irvine & Baragar, 1971) definindo os limites alcalino e subalcalino para os níveis regionais R1, R2A, R2B e R3 e para os níveis locais DI, DS, DSV, P, DV e DS. Abreviaturas adotadas são iguais àquelas usadas na tabela 6.1.

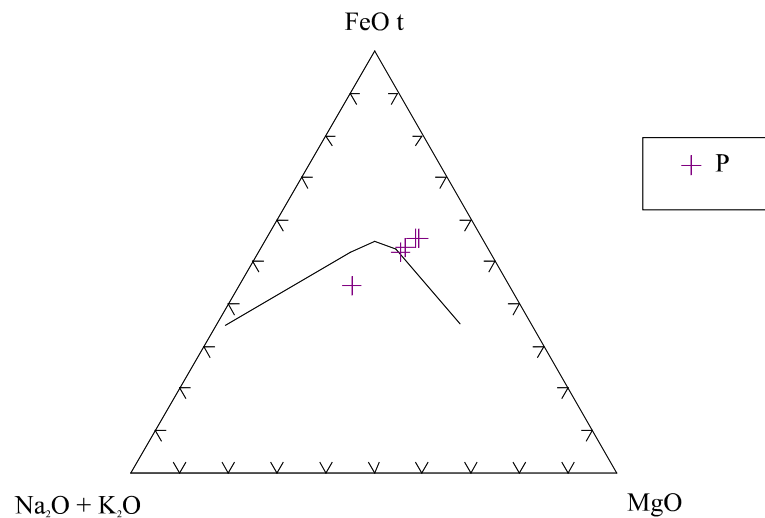


Figura 6.5 Diagrama ternário AFM ($\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O} - \text{FeO}_t - \text{MgO}$) de Irvine & Baragar (1971) para o derrame portador da região de Salto do Jacuí, nível local BI e níveis regionais R1 e R2B. Abreviaturas adotadas são iguais àquelas usadas na tabela 6.1.

Os derrames básicos concentram-se em níveis altimétricos inferiores e afloram, no máximo, até altitudes de 380 m. Entre as cotas de 80 e 200 m, ocorrem apenas basaltos com textura intergranular e, no intervalo altimétrico de 200-380 m, os basaltos possuem textura glomeropórfira e ocorrem associados a diques e derrames ácidos. As rochas ácidas ocorrem preferencialmente acima da cota de 400 m, constituindo a última geração de derrames da região.

A região entre Salto do Jacuí e Sobradinho pertence, em nível regional, à porção meridional da Bacia do Paraná, localizada ao sul do lineamento do Rio Uruguai. Apesar dessa divisão regional não ter relação petrogenética com os derrames da Fm. Serra Geral, os teores de titânio são estatisticamente menores em relação às porções central e norte da Bacia do Paraná.

Os basaltos da região de Sobradinho - Salto do Jacuí são do tipo baixo fósforo e titânio (BPT), com teores percentuais em peso de TiO_2 entre 0,62 e 1,8% e de P_2O_5 entre 0,12 e 0,33 %. De acordo com a classificação proposta por Peate (1992), as vulcânicas básicas da área de estudo são muito semelhantes ao tipo químico Gramado (Tabela 6.2). Existem, entretanto, alguns problemas em relação ao enquadramento dos derrames nos critérios químicos estabelecidos por Peate (1992). Os derrames de basalto intergranular tem um intervalo de variação das razões Sr/Y relativamente maior que o proposto para o tipo Gramado; porém, se considerarmos a moda dos valores obtidos nas análises químicas (6-10), é possível classificar esse nível basáltico intergranular como sendo do tipo Gramado.

Os derrames de basalto glomeropórfiro possuem valores de $Fe_2O_{3(t)}$ menores e teores de Sr e razões de Sr/Y que ultrapassam os valores estabelecidos para classificação como tipo Gramado. Porém, a moda dos teores de $Fe_2O_{3(t)}$ (10-11%) e de Sr (152-354 ppm) também são compatíveis com a classificação desses derrames como pertencentes ao tipo químico Gramado. Entretanto, mesmo se considerarmos a moda dos valores obtidos da razão Sr/Y (3-16), os valores ainda excedem o limite estabelecido para classificar o basalto glomeropórfiro com sendo do tipo Gramado.

O nível basáltico portador é o mais difícil de ser enquadrado aos critérios de classificação propostos por Peate (1992). Os teores de $Fe_2O_{3(t)}$ são menores, mesmo considerando a moda (6), bem abaixo do intervalo de variação proposto. Os valores de Sr e Ba e as razões Zr/Y, Sr/Y e Ba/Y extrapolam os limites de variação do tipo Gramado; porém, se considerarmos a moda dos valores desses teores e razões, o nível portador também pode ser enquadrado com o esquema de classificação de Peate (1992).

O nível basáltico inferior não apresenta problemas de classificação e enquadra-se perfeitamente nos intervalos propostos por Peate (1992) para o tipo químico Gramado.

Tabela 6.4 Comparação entre a variação dos teores do tipo químico Gramado (Peate, 1992) com os teores obtidos para o derrame portador (P), basalto inferior (BI) e os níveis regionais de basalto intergranular (R1) e basalto glomeropórfiro (R2B). * Valores de teores que extrapolam o intervalo proposto por Peate (1992) para o tipo Gramado.

Teores	Tipo Gramado	Basalto Intergranular (R1)	Basalto Glomeropórfiro (R2B)	Basalto Inferior (BI)	Basalto Portador (P)
SiO ₂	49-60	49-54	50-52	54-55	48-56
TiO ₂	0,7-2,0	0,97-1,8	0,8-1,2	1,6	0,9-1,1
P ₂ O ₅	0,05-0,40	0,15-22	0,12-0,31	0,29-0,31	0,27-0,33
Fe ₂ O _{3(t)}	9-16	9,47-14,52	7,2-11,8 *	13	4-7 *
Sr	140-400	197-419	152-698 *	160	160-850 *
Ba	100-700	261-472	156-599	300-400	134-998 *
Zr	65-275	97-177	86-223	160	229-270
Ti/Zr	<70	46,5-67,9	27-67	60-62	23,24-24,87
Ti/Y	<330	223-344	143-285	244-264	158-204
Zr/Y	3,5-6,5	4,5-5,7	3,2-5,1	4	6,1-8,3 *
Sr/Y	<13	6,16-15,5 *	3,5-34,9 *	4	4,6-23,6 *
Ba/Y	<19	9,7-20,2	5,2-14,1	8-12	4,6-25 *

Os derrames dacíticos que ocorrem na área, por outro lado, enquadram-se bem na classificação geoquímica proposta por Peate (1992). Eles pertencem ao tipo químico Palmas, que possui baixo TiO₂ e P₂O₅, e ao subgrupo Caxias do Sul, que possui razões Ti/Zr>16 e Rb/Sr<1,8.

Em termos geoquímicos, os derrames podem ser subdivididos em 4 níveis regionais (Fig 6.6a): derrames básicos com textura intergranular predominante, que ocorrem entre as cotas de 80 e 200 m (R1); 2) derrames ácidos (R2A) e 3) básicos (R2B) com textura glomeropórfira, que ocorrem entre os níveis altimétricos de 200 e 380 m; e 4) derrames dacíticos predominantemente holocristalinos, que afloram a partir da cota de 400 m (R3). Os derrames ácidos (R2A) e básicos (R2B) estão intimamente associados e alternados, de modo que, na escala de mapeamento regional, não puderam ser separados.

Os derrames regionais básicos que ocorrem no intervalo altimétrico entre as cotas de 80 e 200 m (R1) e os dacitos que afloram a partir da cota de 400 m são facilmente discriminados, por meio do conteúdo de elementos maiores, traço (6.6d) e ETR (6.7a). Os derrames básicos R1 tem os maiores teores de Sc, V, Cr, Co, Ni, Cu, Zn e os menores teores de Rb, Sn, Cs, Hf, Ta, Tl, U, Th, Nb, Y, Zr. O nível regional R2B tem comportamento semelhante ao R1; entretanto, os teores de HF, Cs, Nb, Rb, Zr, Y, U, Ta, Ba, Th são menores e os teores de Sr são maiores (Fig 6.6c). Os padrões de ETR dos níveis R1 e R2 são semelhantes; porém, em valores absolutos, o nível R2 é mais depletado em relação ao R1 (Fig 6.7b). Os derrames dacíticos R3 têm os maiores teores de Ba, Y, Zr, Cs, Nb, Sn, Hf, Ta, Rb, W, Tl, Th, U, ETR e é o nível mais depletado em relação aos teores de Sr, Sc, V e Co. O nível regional R2A é semelhante ao R3 em relação aos elementos traço; entretanto, tem menores teores de Ba, Y, Zr, Rb, Nb, Sn, Cs, Hf, Ta, W, Tl, U, Th (Fig 6.6b). Os grupos regionais R2A e R3 podem ser discriminados também por meio do diagrama binário Ba x Zr (Fig 6.8e). O padrão de ETR do nível regional R3 é mais enriquecido em relação ao nível regional R2A (Fig 6.7c).

6.3 Região de Salto do Jacuí

Os derrames ácidos e básicos que compõem a sequência vulcânica da região de Salto do Jacuí podem ser subdivididos em sete unidades litoquímicas, da base para o topo: 1) dacito inferior (DI), 2) basalto inferior (BI), 3) dacito semi-vítreo (DSV), 4) basalto portador (P), 5) dacito vesicular (DV), 6) dacito semi-vítreo superior (DSVS) e 7) dacito superior (DS). As unidades ácidas e básicas ocorrem associadas de modo intercalado, com derrames ácidos sobrepostos por básicos mas também com dacitos posicionados na base de derrames basálticos.

As duas unidades básicas que ocorrem na região de Salto do Jacuí são o basalto inferior (BI) e o basalto portador (P). O basalto inferior (BI) é uma das unidades líticas mais inferiores da região, enquanto que o basalto portador (P) ocorre em um nível altimétrico mais superior, posicionado acima do basalto inferior e do dacito semi-vítreo inferior. Em termos de elementos maiores, ambas as unidades têm os maiores teores de MgO; porém podem ser diferenciadas, com o derrame portador (P) enriquecido em Al_2O_3 e depletado em Fe_2O_3 , CaO, Na_2O , K_2O e TiO_2 . O basalto inferior (BI) é enriquecido em Fe_2O_3 , MnO, CaO e TiO_2 .

Em relação aos elementos traço (Fig.6.6f) o basalto portador é enriquecido em Sr, Zr, Nb, Sn, Hf, Ta, U e Th, e depletado em Y, Sc, V, Cr, Co, Ni, Cu, Zn e Rb, em relação ao basalto inferior. O BI é depletado em Sn, Ba, Zr, Nb, Cs, Ta, U, Th e enriquecido em V, Sc, Cr, Co, Ni, Cu, Zn. O basalto portador tem padrão de elementos terras raras leves enriquecido em relação ao basalto inferior e, os derrames basálticos regionais R2B e os níveis básicos locais BI e P, podem ser diferenciados em relação aos ETR, apesar dessas unidades ocorrerem inseridas no intervalo altimétrico do nível regional R2B (Fig 6.7f). A diagrama binário Zr x Th discrimina de modo claro os grupos básicos R2B, BI e P (Fig 6.8f).

As unidades litoquímicas básicas BI e P da região de Salto do Jacuí possuem características químicas diferenciadas em relação aos grupos básicos regionais R1 e R2B. Essas diferenças são melhor visualizadas por meio da utilização do diagrama ternário Sr-Ba-Zr (Fig 6.8b). Em relação aos grupos básicos regionais R1 e R2B os derrames basálticos BI e P da região de Salto do Jacuí são enriquecidos em Y, Rb, Nb, Cs, Hf, Ta, U e Th; o basalto inferior (BI) é depletado em Sr e enriquecido em V e Cu; o derrame portador (P) é depletado em Sc, V e Co e enriquecido em Zr (Fig 6.6e). Os derrames básicos (BI e P) da região de Salto do Jacuí são enriquecidos em ETR pesados (Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb e Lu) em relação aos grupos regionais R1 e R2B (Fig 6.8d;e). O derrame portador em relação aos grupos básicos regionais e ao basalto inferior é enriquecido em ETR leves (La, Ce, Pr, Nd e Sm). As cinco unidades ácidas da sequência de Salto do Jacuí (DI, DSV, DV, DSVS e DS) possuem diferenças não muito marcadas em termos de elementos maiores, com a unidade lítica DV sendo depletada em Na_2O e CaO. As unidades DV e DS possuem os valores relativos mais baixos de MgO. Os níveis dacíticos DI e DS têm os menores teores de K_2O . Os níveis dacíticos semi-vítreos (DSV) tem o menor teor de Fe_2O_3 e o DS os menores teores de Na_2O .

Entretanto, as unidades ácidas que compõem a sequência vulcânica da região de Salto do Jacuí são melhor discriminadas por meio da utilização de diagramas de variação de elementos traço dos tipos binário e ternário. O diagrama ternário (Csx10-Scx3-Rb) discrimina todas as unidades litoquímicas, de básicas a ácidas, da região de Salto do Jacuí (Fig 6.8c;d). A unidade DI é depletada em Zr, Nb, Sr e Hf; os níveis dacíticos semi-vítreos (DSV e DSVS) são depletados em Ba e enriquecidos em Tl; a unidade DV é depletada em Rb e o DS enriquecido em Y e Rb. Os padrões de variação dos ETR são semelhantes para todas as unidades lito-químicas ácidas da região de Salto do Jacuí, com excessão do nível BI, que é depletado em ETR leves em relação as demais unidades.

Ocorrem dois níveis dacíticos semi-vítreos nas frentes de lavra. Um nível dacítico semi-vítreo (DSV) é a primeira unidade lítica aflorante das frentes de lavra; o outro nível dacítico semi-vítreo (DSVS) ocorre em uma porção estratigráfica superior na sequência vulcânica, inserido entre a unidade lítica denominada de dacito vesicular (DV) e a unidade dacítica superior (DS), que é a unidade de topo da região de Salto do Jacuí. Os dacitos semi-vítreos (DSV e DSVS) são enriquecidos em Cs, W, Tl, Rb e depletados em V. Porém, esses dois níveis dacíticos semi-vítreos podem ser diferenciados em termos geoquímicos. O DSV superior é depletado em MgO e CaO e enriquecido em K₂O e ETR, principalmente La e, subordinadamente em Pr, Nd, Dy, Er e Tm. Os menores valores de *LOI* do dacito semi-vítreo superior reflete a ausência de vesículas e amígdalas nessa unidade lítica.

Em relação aos grupos ácidos regionais R2A e R3 as unidades ácidas de Salto do Jacuí são depletadas em Ba e Y. Em termos de ETR os grupos regionais R2A e R3 são enriquecidos em La, Nd, Sm, Tb, Ho, Er, Tm, Yb e Lu em relação as unidades ácidas da sequência vulcânica de Salto do Jacuí. O grupo regional R3 é depletado em Sr, Sc, V e Co e enriquecido em Zr, Rb, Nb, Sn, Cs, Hf, Ta, W, U, Th, Ce, Pr, Gd, Dy e Er em relação as unidades ácidas de Salto do Jacuí e ao nível regional R2A.

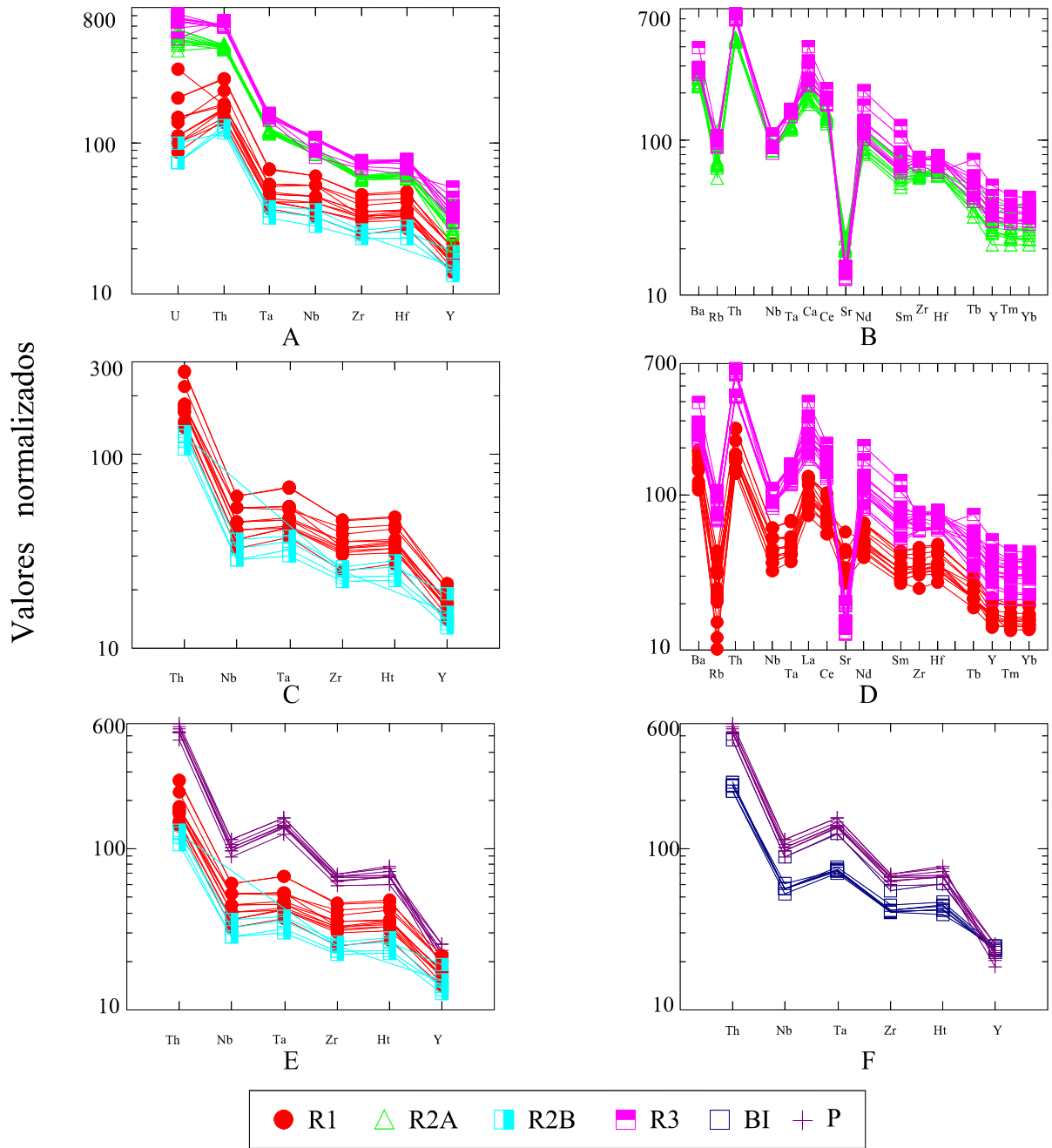


Figura 6.6 A-F Diagramas de variação de elementos traço do tipo *Spider* para as unidades R1, R2A, R2B e R3 (a); R2A e R3 (b); R1 e R2B (c); R1 e R3 (d); R1, R2B e P (e); BI e P (f). Os elementos traço foram plotados de acordo com a ordem decrescente de incompatibilidade. R1-nível regional de basalto intergranular; R2A-nível regional de dacito glomeropórfiro; R2B-nível regional de basalto glomeropórfiro; R3-nível regional de dacito holocristalino; BI-basalto holocristalino inferior; P-basalto portador.

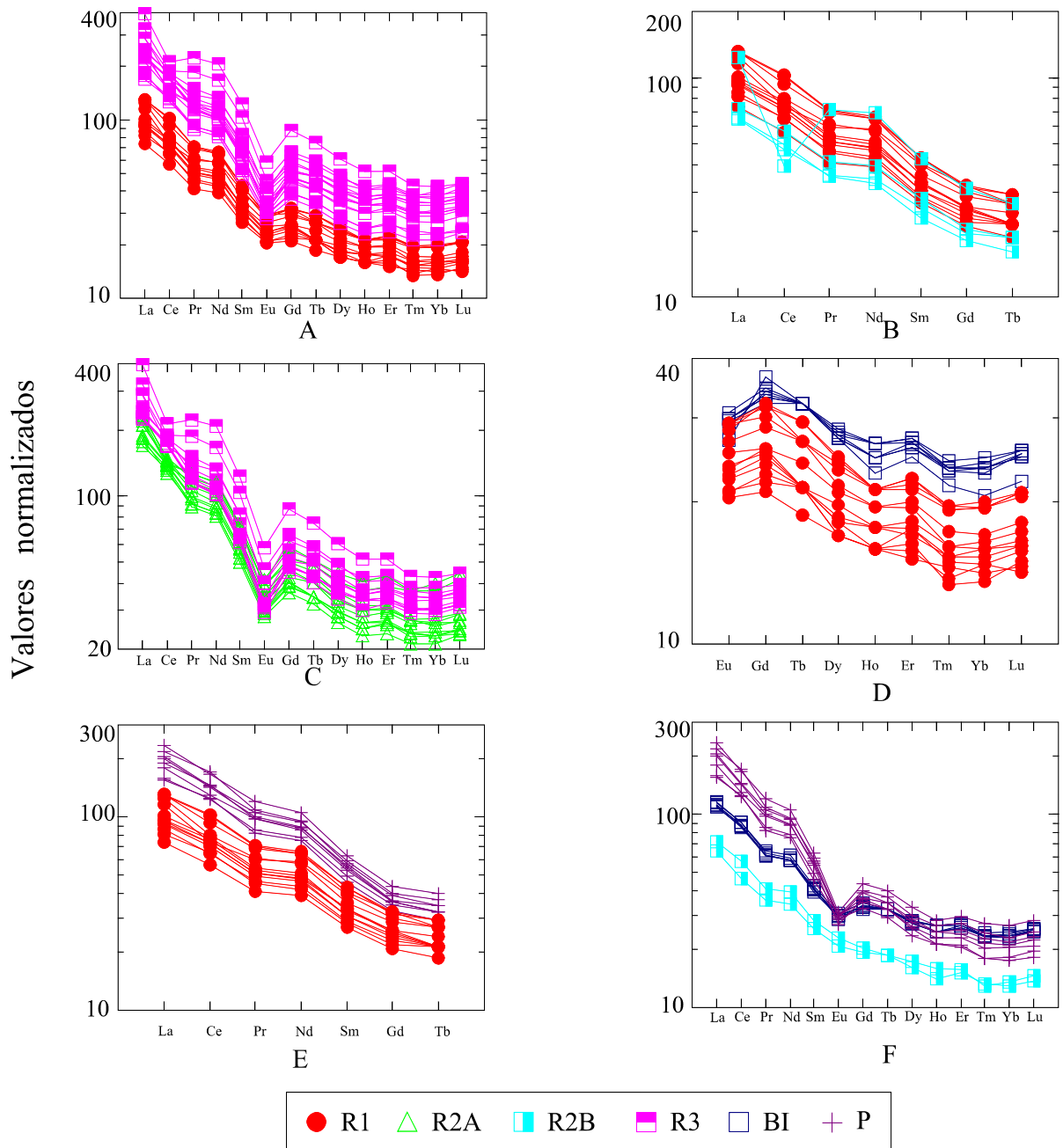


Figura 6.7 A-F Diagramas de variação de elementos terras raras condrito-normalizados para as unidades R1 e R3 (a); R1 e R2B (b); R2A e R3 (c); R1 e BI (d); R1 e P (e); R2B, BI e P (f). Os elementos terras raras foram plotados em ordem crescente de número atômico. R1-nível regional de basalto intergranular; R2A-nível regional de dacito glomeropórfiro; R2B-nível regional de basalto glomeropórfiro; R3-nível regional de dacito holocristalino; BI-basalto holocristalino inferior; P-basalto portador.

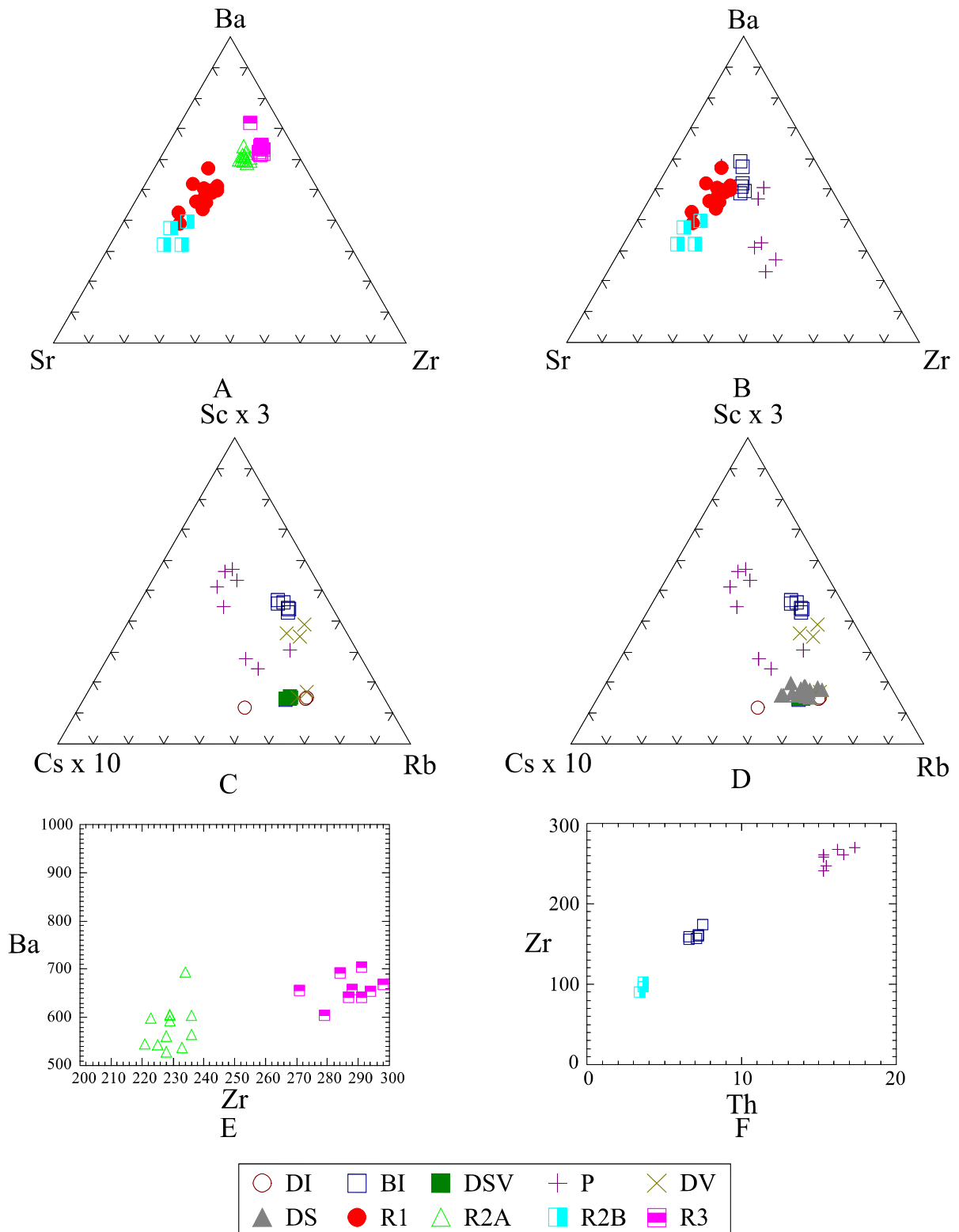


Figura 6.8 A-F Diagramas binários e ternários de variação de elementos traço para as unidades R1, R2A, R2B e R3 (a); BI, P, R1 e R2B (b); DI, BI, DSV, P, DV(c); DI, BI, DSV, P, DV e DS (d); R2A e R3 (e); R2B, BI e P (f). R1-nível regional de basalto intergranular; R2A-nível regional de dacito glomeropórfiro; R2B-nível regional de basalto glomeropórfiro; R3-nível regional de dacito holocristalino; BI-basalto holocristalino inferior; P-basalto portador; DI-dacito inferior; DSV-dacito semi-vítreo; DV-dacito vesicular e DS-dacito superior.

7. CONTROLE DAS OCORRÊNCIAS MINERAIS

7.1 Controle das ocorrências de ágata

As jazidas de ágata da região de Salto do Jacuí apresentam um forte controle litológico, estratigráfico e estrutural. Por meio da caracterização das unidades líticas da região de Salto do Jacuí, em termos estratigráficos, estruturas macroscópicas, feições petrográficas e químicas, foram definidas as unidades que compõem a seqüência vulcânica das frentes de lavra. As unidades foram posicionadas em ordem estratigráfica, definindo a sucessão vulcânica local.

Em termos de controle litológico e estratigráfico, ocorrem seis unidades líticas principais, que caracterizam a seqüência vulcânica das frentes de lavra de Salto do Jacuí, da base para o topo:

- 1) nível dacítico semi-vítreo vesículo-amigdaloidal (DSV): 1-1,5 m de espessura;
- 2) nível basáltico vesículo-amigdaloidal portador (P, “tabatinga”): 4-7 m de espessura.
- 3) nível dacítico vesicular (DV, “cupim”): 3-4 m de espessura. As vesículas são elípticas (0,5-1,5 cm) e estão orientadas;
- 4) nível de argila de cor amarelo-esverdeado (0,5-1 m);
- 5) nível dacítico semi-vítreo superior (DSVS): possui 0,5-1,5 m de espessura;
- 6) dacito glomeropórfiro superior (DS): 5-15 m de espessura. Ocorrem fraturas horizontais e verticais bem marcadas no topo e na base, com espaçamento médio de 10 cm.

A totalidade dos depósitos e ocorrências da região de Salto do Jacuí afloram no intervalo altimétrico de 200 a 260 m. Como as unidades são tabulares, com continuidade lateral e horizontal, é possível posicionar o derrame portador (P) e unidades líticas associadas (DSV, DV) do Município de Salto do Jacuí dentro desse intervalo altimétrico.

O controle estrutural é marcado pela presença de diques de arenito e de material vítreo (Fig 7.1), ambos com cor castanha clara a escura, que cortam os níveis dacítico semi-vítreo (DSV), basáltico portador (P) e dacítico vesicular (DV). No derrame portador, associado aos diques, ocorrem porções com forma de geodo, mas constituídas por arenito, ou por material vítreo, que são interligadas com os diques do mesmo material. Essas estruturas com forma de geodo, tanto as constituídas por arenito, como por material vítreo, também podem ocorrer isoladas dentro do derrame portador (Fig 7.2), sem nenhuma conexão com qualquer tipo de dique. Além disso, registra-se a presença de encraves com forma elíptica do nível dacítico vesicular semi-vítreo (DSV), que ocorrem inseridos no derrame portador; esses encraves (Fig 7.3) têm diâmetro decimétrico, assimilam fragmentos do derrame portador e também são assimiladas pelo nível portador. Por fim, é comum a presença de lentes de “brecha vulcânica” formada por fragmentos irregulares de arenito e de basalto, tanto no nível vesicular portador

(P), quanto no nível semi-vítreo (DSV); essas estruturas de brecha vulcânica ocorrem em níveis inferiores do derrame portador e no nível dacítico semi-vítreo (Fig 7.4).

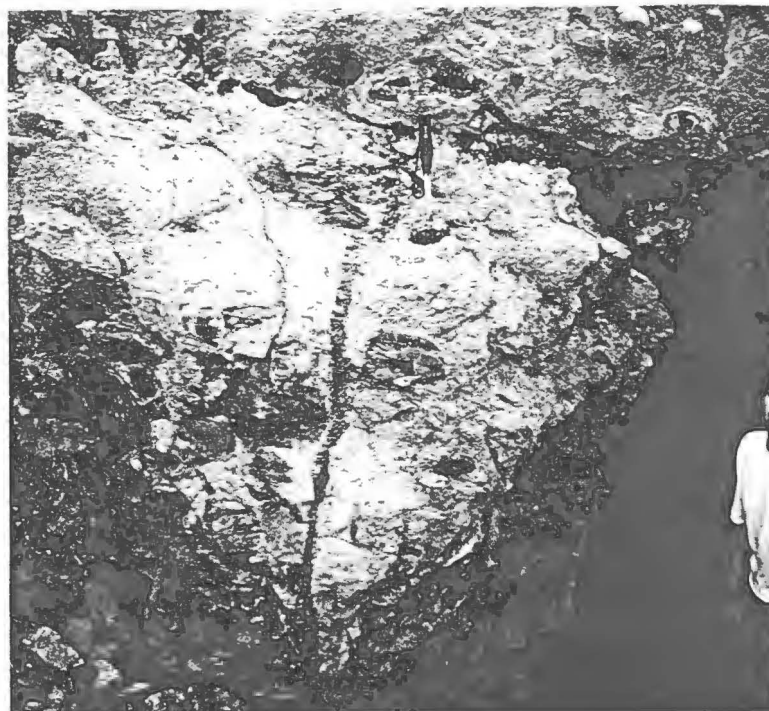


Figura 7.1 – Fotografia de frente de lava da região de Salto do Jacuí mostrando os diques e geodos de material vítreo e/ou arenítico de cor castanho que podem ocorrer isolados ou associados.



Figura 7.2 – Porções areníticas e/ou de material vítreo com formato de geodo que ocorrem isoladas dentro do derrame basáltico portador (P)



Figura 7.3 – Encraves de dacito semi-vítreo que ocorrem no derrame basáltico portador (P)



Figura 7.4 - Brecha vulcânica constituída por fragmentos de basalto portador e porções de arenito da Fm. Botucatu.

Por meio da análise das relações entre os três tipos de controle das ocorrências, foram definidas as características que permitiram denominar os depósitos da região como Depósitos de Geodos de Ágata do Tipo Salto do Jacuí.

7.2 Quadro comparativo com a Estrutura São Gabriel

Os depósitos de ametista que ocorrem na região de Ametista do Sul e Planalto (Estrutura São Gabriel - ESG), no Departamento de Artigas (Uruguai) e os depósitos de ágata do município de Salto do Jacuí (Estrutura Jacuí - EJ) possuem características distintivas específicas, que permitem classificá-los como diferentes tipos de depósitos. Nessas regiões, ocorrem os derrames portadores das maiores ocorrências de ágata e de ametista do Brasil e do Uruguai, caracterizando depósitos do tipo “geodo em basalto” (Bossi & Caggiano, 1974), Alto Uruguai (Corrêa 1995) e Salto do Jacuí.

Em termos gerais, os derrames têm, muitas vezes, a seguinte estrutura interna (Juchem *et al.* 1987,1990): 1) zona vítrea com passagem gradual para basalto fino com fraturas predominantemente horizontais; 2) basalto mais cristalino (granulação mais grossa) com predomínio de fraturas verticais, ou com caráter maciço; e 3) zona de topo, que é vesículo-amigdaloidal. É importante destacar que essa variação estrutural do derrame não é obrigatória, pois podem ocorrer derrames sem alguns níveis, ou com o predomínio de outros.

7.2.1 Características da estruturação dos derrames na área mineralizada

Na região de Salto do Jacuí, ocorrem 4 níveis principais que compõem a seqüência vulcânica da EJ :

- 1) nível semi-vítreo dacítico vesículo-amigdaloidal (DSV): varia entre 1 e 1,5 m de espessura;
- 2) nível basáltico vesículo-amigdaloidal portador (P, “tabatinga”): 4-7 m de espessura. Ocorrem diques de arenito associados à níveis de “brecha vulcânica” formada por fragmentos de arenito e de basalto;
- 3) nível dacítico vesicular (DV, “cupim”): 3-4 m de espessura. As vesículas são elípticas (0,5-1,5 cm) e estão orientadas;
- 4) dacito glomeropórfito superior (DS): 5-15 m de espessura. Ocorrem fraturas horizontais e verticais bem marcadas no topo e na base com espaçamento médio de 10 cm.

A “brecha vulcânica” da EJ ocorre na base da zona portadora, associada com diques e blocos de arenito e de material vítreo de cor castanha. Os níveis vesicular, dacítico semi-vítreo inferior, “brecha vulcânica” e os diques de arenito e de material vítreo associados foram utilizados como guias prospectivos. O dacito glomeropórfito e a “brecha vulcânica” também ocorrem na região de Ibarama - Sobradinho, ao sul da área, onde foram identificados tanto no intervalo da cota 200m, quanto no intervalo da cota 380-400 m.

Na região de Ametista do Sul, de outro modo, Corrêa (1995) caracteriza 9 derrames de basaltos a andesito-basaltos. A principal ocorrência de geodos está localizada na porção

superior do horizonte intermediário do penúltimo derrame aflorante na região do Alto Uruguai, no município de Ametista do Sul. O Derrame São Gabriel (Corrêa *et al.*, 1994) tem espessura variável de 20 a 50 metros; devido as suas características geológicas e extensão regional, é caracterizado como um derrame guia na região. As principais características da estruturação do derrame (da base para o topo) portador na região de Ametista do Sul podem ser resumidas da seguinte forma:

- 1) zona horizontal de base: varia entre 2 e 3 m de basalto fino com forte disjunção horizontal;
- 2) zona intermediária: basalto cinza-escuro maciço com disjunção vertical bem espaçada e com espessura de cerca de 10 m;
- 3) zona maciça (portadora): basalto maciço de 3m de espessura. Na parte superior ocorre um nível fino de basalto muito fraturado ("cascalho");
- 4) zona horizontal de topo: basalto fino cinza-escuro de 1-2 m de espessura, com vesículas milimétricas e com intenso fraturamento horizontal;
- 5) zona amigdalóide: possui espessura de 3-4 m, onde as vesículas têm até 3cm de diâmetro e são preenchidas por celadonita, quartzo incolor e calcedônia;
- 6) "brecha" vulcânica (topo): espessura de 3-4 m em média.

Essa organização de estruturas do derrame portador constitui um elemento particular de caracterização do controle da ocorrência do minério; assim, genericamente, pode-se referir ao derrame portador como Estrutura São Gabriel (ESG).

A "brecha vulcânica" e os diques areníticos da EJ são feições muito semelhantes àquelas descritas por Bossi & Caggiano (1974) no Departamento de Artigas (Uruguai); além disso, Bossi & Caggiano (1974) também descrevem intertrapes areníticos associados. Bossi & Caggiano (1974) caracterizaram 15 derrames para compor a seção basáltica da Fm. Arapey no Uruguai (equivalente a Fm. Serra Geral); a maioria desses derrames têm de 10 a 60 m de espessura e ocorrem interestratificados com níveis de arenitos (1 m de espessura) da Fm. Tacuarembó (equivalente a Fm. Botucatu). Os depósitos de ametista ocorrem no 3º derrame do Departamento de Artigas (15º do Uruguai), que tem entre 40 e 50 m de espessura. Bossi & Caggiano (1974) subdividiram o derrame portador da região do Departamento de Artigas (Uruguai) em 4 unidades líticas do topo para a base:

- 1) 4 m (3-7 m) de brecha ígnea que engloba blocos decimétricos de basalto vesicular e que contém veios de arenito total, ou parcialmente silicificados;
- 2) 6 m de basalto fino a médio com geodos de 10 a 50 cm de diâmetro e com paragênese à base de sílica: ágata, quartzo incolor e ametista;
- 3) 15 m de basalto fino maciço com raros geodos isolados;

4) 10 m de basalto fino maciço equigranular a microporfirítico (plagioclásio-augita) e pouco quartzo intersticial.

7.2.2 Guias prospectivos regionais

Corrêa (1995) utiliza três zonas principais para o controle da ESG:

- 1) horizonte superior amigdalóide friável, com textura vesicular intensa, milimétrica, e com ocorrência de *flow top breccias* (Green, 1989);
- 2) horizonte transicional afanítico (“cascalho”);
- 3) zona maciça ou colunar, que contém o nível de ocorrência dos geodos.

Os guias prospectivos sugeridos para a ESG na região de Ametista do Sul foram a “brecha vulcânica” (Szubert *et al.* 1978a; Corrêa 1995) e os horizontes microvesiculares (Szubert *et al.* 1979 e 1981; Corrêa 1995). A alteração hidrotermal associada aos geodos de ametista (Scopel, 1990) pode ser utilizada como um indício local na prospecção dos geodos da ESG. A “brecha vulcânica” silicificada na região de Ametista do Sul ocorre na cota altimétrica de 440 m, tem espessura média de 3 a 4 m e separa a zona portadora da ESG do derrame subjacente. Pode ocorrer, no topo da “brecha vulcânica”, ou sobre a zona de basalto amigdalóide, um arenito fino vermelho e silicificado, que forma lentes irregulares e descontínuas e que possui espessura centimétrica.

Na região de Salto do Jacuí, de outro modo, foram caracterizados 3 horizontes guias principais dos depósitos de ágata:

- 1) horizonte dacítico semi-vítreo (DSV), de cor preta e com textura vesicular forte, posicionado na base da seqüência;
- 2) horizonte vesiculado portador dos geodos de ágata (P), blocos de arenito silicificado, brecha vulcânica e diques de arenito silicificado;
- 3) horizonte vesiculado superior (vesículas milimétricas a centimétricas), sem geodos ou blocos de arenito (DV).

Os guias prospectivos para os depósitos de ágata são: 1) as quatro unidades líticas principais que compõem as frentes de lavra; 2) os diques de arenito e de material vítreo, ambos com cor castanha clara a escura; 3) os encaves de dacito semi-vítreo vesicular; 4) a brecha vulcânica; 5) a paragênese de preenchimento dos geodos (*cf.* subítem 7.3). O nível vesicular portador (P) tem espessura média em torno de 5 m e está posicionado na cota altimétrica de 200 m. Os níveis espessos de basalto vesicular com brecha vulcânica e com diques de arenito também foram utilizados como guias prospectivos para a região do Departamento de Artigas (Bossi & Caggiano 1974).

As estruturas EJ e ESG, em suas respectivas áreas de ocorrência, ocupam quase sempre a mesma posição topográfica e mostram um comportamento praticamente horizontal.

Entretanto, ocorrem isoladas variações com desníveis locais de 30 a 100 m, que indicam a atuação de movimentos de falhas sob a forma de basculamento de blocos.

7.2.3 Correlação entre as estruturas Jacuí e São Gabriel

A caracterização regional das estruturas EJ e ESG e o mapeamento das frentes de lavra e dos derrames hospedeiros permitiu determinar os elementos geométricos relacionados com a gênese dos depósitos. O modelamento dos depósitos e a distribuição das ocorrências permitirá determinar parâmetros mais abrangentes de controle da mineralização; no entanto, essa atividade constitui a próxima fase dos trabalhos de pesquisa em andamento nas EJ e ESG. Conforme a caracterização anterior de ambas as estruturas mineralizadas, alguns elementos estruturais comuns podem ser identificados: nível de basalto vesicular, brechas vulcânicas, por exemplo. No entanto, o posicionamento dos geodos dentro das estruturas mineralizadas é distinto nos dois casos analisados; as diferenças podem ser definidas da seguinte forma:

- 1) os geodos de ágata na EJ ocorrem no nível basáltico vesicular (P), que contém as brechas vulcânicas, enquanto os geodos de ametista na ESG ocorrem no nível de basalto maciço imediatamente abaixo dos níveis de basalto amigdaloidal e de brecha vulcânica;
- 2) os geodos de ágata da EJ ocorrem associados com diques areníticos, brechas vulcânicas e geodos de arenito no nível portador (P), enquanto que os geodos de ametista da ESG não ocorrem com essa associação, apenas parcialmente no topo da ESG, no nível de brecha vulcânica e não no nível portador;
- 3) a EJ tem espessuras médias de 15 a 25 m e a ESG tem espessura de 20 a 50 m;
- 4) a orientação espacial dos geodos da EJ é variável e/ou aleatória, enquanto que os geodos de ametista da ESG tem uma distribuição controlada pelo fluxo magmático (Corrêa, 1995);
- 5) o nível vítreo da EJ tem espessura de 0.5-1.5 m e textura vesículo-amigdaloidal, com geodos de ágata menores do que os do nível vesículo-amigdaloidal portador. O nível vítreo da EJ (DSV) está posicionado abaixo do basalto portador (P), enquanto, na ESG, ele está posicionado acima do horizonte mineralizado.

Além dos aspectos relacionados às estruturas internas dos níveis mineralizados em ágata e em ametista, também podem ser observadas diferenças quanto ao posicionamento estratigráfico dos derrames portadores em ambas as regiões analisadas. As principais diferenças observadas são:

- 1) a EJ está posicionada aproximadamente na cota 200 m de altitude, enquanto a ESG está posicionada na cota altimétrica aproximada de 440 m. A EJ tem continuidade regional desde Salto do Jacuí até o sul da área, nos municípios de Arroio do Tigre, Sobradinho e Ibarama. A ESG, por sua vez, também aflora continuamente nos municípios de Rodeio Bonito e Trindade do Sul (sudoeste) e estende-se até os garimpos de Frederico Westphalen (norte do RS);

2) a espessura dos derrames enumerados em ambas as áreas é significativamente distinta. Na região de Salto do Jacuí, os derrames de basalto possuem espessuras da ordem de 60 a 100 m, enquanto na região de Ametista do Sul, os derrames são mais delgados, com 20-40 m de espessura;

3) na região de Salto do Jacuí, os derrames ácidos afloram a partir da cota altimétrica de 400 m, enquanto que na região de Ametista do Sul, os derrames ácidos estão posicionados a partir da cota 600 m de altitude.

As diferenças entre a EJ e a ESG resultam do processo de extravasamento, fluxo e resfriamento do magma; porém, é necessário que pesquisas adicionais sejam executadas para verificar as causas dessas diferenças. As feições descritas na EJ, tais como brechas vulcânicas, diques e “geodos” de arenito e assimilação de blocos irregulares de arenito pelos derrame basáltico portador, indicam que o processo de mineralização que formou os geodos de ágata na região de Salto do Jacuí está relacionado parcialmente com a assimilação dos arenitos quartzosos subjacentes da Fm. Botucatu. No nível portador da ESG, a fonte de sílica para os geodos de ametista tem a sua origem relacionada ao aprisionamento de fluídos de origem vulcanogênica, que tem a sua distribuição relacionada ao desprendimento, ascensão e escoamento do magma basáltico (Correa, 1995). Trabalhos de mapeamento entre as regiões de Salto do Jacuí e de Ametista do Sul (Alto Uruguai) estão para ser realizados, principalmente nas ocorrências localizadas entre as EJ e ESG e que ainda não foram pesquisadas.

Análises preliminares em imagens de satélite não indicam a existência de grandes discontinuidades regionais separando as duas regiões. Em geral, ocorrem poucos indícios de falhas (exceto pequenos movimentos relacionados à paleotopografia). Os lineamentos e discontinuidades locais (falhas e fraturas) estão relacionados ao desenvolvimento de estruturas rúpteis produzidas por eventos tectônicos e pelo resfriamento magmático. Esses elementos lineares com *trends* principais NE e NW produzem um padrão em X de feições estruturais (Zálan *et al.*, 1987). De acordo com Zalán *et al.* (1991), essas feições estruturais estão relacionadas com intensos falhamentos regionais (Mesozóico-Cenozóico) e com eventos deformacionais relacionados a intrusões e reativações de antigas falhas de idade Brasileira.

7.3 Modelo de depósito mineral e guias prospectivos

Os depósitos da região de Salto do Jacuí podem ser genericamente caracterizados como depósitos do tipo “geodo em basalto” (Bossi & Caggiano, 1974). Os depósitos do tipo Salto do Jacuí são caracterizados pela ocorrência de três níveis litológicos distintos: 1) nível dacítico semi vítreo vesículo-amigdaloidal; 2) nível basáltico vesículo-amigdaloidal portador; e 3) nível dacítico vesicular superior. Essas unidades líticas são, invariavelmente, os principais constituintes das frentes de lavra da região.

O nível estratigráfico inferior é o dacito semi vítreo (DSV), de cor preta, brilho resinoso e com textura vesicular forte. O nível semi-vítreo tem espessura média aflorante de 2 m, morfologia tabular e continuidade lateral; assim, constitui a camada guia utilizada na prospecção e também na exploração, visto que esse nível também é portador de geodos de ágata, porém com diâmetro reduzido.

A unidade intermediária é o basalto vesículo-amigdaloidal portador dos geodos de ágata (P). A rocha tem cor cinza claro, mostra textura vesicular forte, é afanítica e está bastante alterada. O principal constituinte é uma matriz fina com cristais de plagioclásio, clinopiroxênio e minerais opacos menores que 0,2 mm de comprimento. O nível portador tem espessura média aflorante de 7 m, é contínuo lateralmente e é a principal unidade portadora dos geodos de ágata. Os geodos de ágata possuem tamanho variado, mas podem atingir até 0,80 cm de diâmetro e mostrar forma esférica a elíptica ou, menos frequentemente, são alongados. Os geodos podem ocorrer disseminados de forma aleatória, ou agrupados segundo direções preferenciais. Raramente, ocorrem geodos de ametista associados aos de ágata.

O basalto portador tem relações de contato por meio de assimilação do nível semi-vítreo inferior (DSV), da mesma forma que o nível semi-vítreo; ocorrem porções com forma elíptica a esférica do nível semi vítreo assimiladas pelo basalto portador e porções do nível portador assimiladas pelo nível semi-vítreo. Associado a ambas as unidades, ocorrem diques de arenito e de material vítreo, com espessura centimétrica e com até três metros de altura. Os diques de material vítreo podem ocorrer isolados e/ou servir de conduto para porções de material vítreo com formato de geodos. Também ocorrem porções de arenito quartzoso fino com formato de geodo, tanto no nível inferior, como no intermediário do derrame portador.

É possível identificar uma zonação interna do derrame portador. Na base dessa unidade, ocorre uma brecha vulcânica formada por blocos de arenito, basalto e rocha semi-vítrea vulcânica. Também ocorrem inseridos na porção inferior do derrame portador *boulders* de dacito semi-vítreo. A porção intermediária é a fornecedora dos maiores geodos e do melhor preenchimento, isto é, sem quartzo associado. Entretanto, associado com os geodos preenchidos por ágata maciça ocorrem geodos com quartzo hialino e *boulders* de arenito e de material semi-vítreo. A porção superior é caracterizada pela ocorrência de proporções mais elevadas de quartzo hialino associado aos geodos.

Ocorre uma zonação vertical da distribuição dos geodos no derrame portador. Os geodos maiores e com melhor preenchimentos ocorrem em porções inferiores e nas porções superiores ocorrem geodos menores e com uma paragênese caracterizada pela ocorrência de quartzo hialino na parte superior dos geodos. Além disso, também ocorrem, na parte superior do derrame portador, geodos menores e preenchidos por ágata de cor cinza escuro a preta.

Todas essas feições características de preenchimento e distribuição do tamanho médio de geodos são utilizadas como um guias prospectivos locais para a exploração do derrame

portador (P), pois podem ser utilizadas para balizar as regiões com maior, ou com menor probabilidade de ocorrência de geodos.

De maneira análoga, os diques de material vítreo e de arenito também são utilizados como estruturas guias que controlam a disposição espacial das ocorrências, devido ao fato de que, próximo a essas estruturas, não ocorrem geodos e, quando ocorrem, possuem uma paragênese de preenchimento pouco valorizada, constituída por ágata bandada (base do geodo) + quartzo hialino (porção superior).

Por meio da comparação entre as características comuns aos depósitos de Salto do Jacuí e feições geológicas semelhantes a nível regional, foram definidos os seguintes guias prospectivos regionais que formam a base para a seleção de ambientes e áreas-alvo.

- derrames dacíticos vesiculares de cor castanho-avermelhada semelhantes ao nível vesicular tipo “cupim” que ocorre nos garimpos de Salto do Jacuí;
- níveis semi-vítreos vesiculares associados a intertrapes de arenito Botucatu;
- associação não transicional entre derrames ácidos e básicos;
- “*boulders*” de arenito e de basalto a dacito vesiculares associados a intertrapes de arenito Botucatu;
- diques de arenito silicificados;
- diques de material vítreo de cor castanho;
- níveis de brecha vulcânica constituída por blocos angulosos de basalto vesicular e de arenito;

Os guias prospectivos utilizados em nível local e as feições estruturais utilizadas como guias prospectivos do derrame portador (P) e de novas áreas alvo estão detalhadas conformes as tabelas 7.1 e 7.2.

Os diversos tipos de geodos e de preenchimentos e as estruturas associadas, tais como diques de arenito e *boulders* de dacito semi-vítreo são utilizados como guias prospectivos específicos para a exploração do derrame basáltico portador. Todas essas feições estão resumidas e agrupadas de acordo com o tipo de controle conforme a tabela 7.3.

O croqui esquemático das frentes de lavra, com todas as unidades líticas discriminadas e as principais feições características do derrame portador (P), distribuição de estruturas e tipos de geodos estão caracterizadas e especificadas de acordo com as figuras 7.5 e 7.6.

Tabela 7.1 Unidades líticas utilizadas como guias prospectivos locais para a prospecção do derrame portador dos geodos de ágata (Derrame Jacuí).

Guias prospectivos locais			
Guia prospectivo	Características gerais	Espessura	Intervalo altimétrico
Nível dacítico semi-vítreo (DSV)	Cor preta, brilho resinoso, textura vesicular forte, glomeropófira e hipohialina	1 - 2 m	200-260 m
Nível basáltico portador (P)	Cor cinza-claro, bastante alterado, textura vesiculo-amigdaloidal forte, glomeropófira e hipohialina	5 - 6 m	200-260 m
Nível dacítico vesicular (DV)	Cor castanho-avermelhado, muito alterado, textura vesicular forte, amígdalas orientadas, matriz vítrea alterada (principal constituinte), e	4 - 5 m	200-260 m
Nível argiloso	Cor amarela-esverdeada, argila muito friável	0,5 - 1 m	200-260 m
Nível dacítico semi-vítreo superior (DSVS)	Cor preta, brilho resinoso, sem vesículas	0,5 - 1,5 m	200-260 m

Tabela 7.2 Feições estruturais utilizadas como guias prospectivos do derrame portador (P) e de novas áreas alvo.

Estruturas guias inter e intraderrames da seqüência vulcânica de Salto do Jacuí		
Estruturas guias	Características	Unidades líticas de ocorrência
Diques de arenito e de material vítreo silicificados	Espessura variável (2-50 cm) e 10 centímetros até 3 m de altura, sendo que ocorrem diques maiores constituídos por lentes de arenito e/ou argila que cortam todos os níveis.	DSV, P e DV
Encraves dacíticos semi-vitreos	Encraves com forma elíptica a esférica assimilados pelo nível portador e assimilando fragmentos do próprio nível portador na parte interna	P
Geodos de ágata	Tipos variados (tabela específica)	DSV, P e DV
Brecha vulcânica	Constituída por blocos irregulares de basalto vesicular portador e por fragmentos de arenito da Fm. Botucatu	DSV e P

Tabela 7.3 Estruturas e guias prospectivos específicos para o controle da exploração do derrame Portador.

Estruturas e guias específicos para o controle de exploração do derrame Portador		
Tipo de estrutura ou geodo	Descrição	Tipo de controle
Diques de material vítreo e/ou de arenito Botucatu	Diques com espessura centimétrica e comprimento variável com mergulho sub-vertical (Fig 7.7a-c)	Num raio de influência horizontal de 1- 1,5 m ocorrem poucos geodos de ágata e com paragênese de ágata + quartzo hialino
Estrutura geodo + dique (tipo 1)	Porções com forma de geodo de material vítreo, ou de arenito conectados na porção superior com diques finos verticais do mesmo material. Os “geodos” são os provedores do material que forma os diques, que terminam dentro do nível portador	Balizamento de porções com paragênese estéril do nível portador
Estrutura geodo + dique (tipo 2)	Diques de material vítreo, ou de arenito que são condutos fornecedores do material que preenche os geodos que ocorrem conectados ao dique (Fig 7.8)	Balizamento de porções com paragênese estéril do nível portador
Geodo de material vítreo, ou de arenito silicificado	Geodo maciço de arenito ou material vítreo com lentes milimétricas de calcedônia e quartzo disseminadas	Relação espacial com diques de arenito, ou de material vítreo; indica proximidade de zona estéril, mas não exclui necessariamente a paragênese de boa qualidade
Geodo com listras	Geodo constituído pela paragênese: ágata com listras paralelas horizontais (base) + quartzo hialino (topo)	Ocorre na zona de transição entre os diques de argila, ou de arenito e as ocorrências de geodos com preenchimento maciço
Geodo de interação (tipo 1)	Geodo constituído por arenito, ou por material vítreo silicificado (base) + quartzo hialino (topo)	Zona de transição intermediária em relação aos diques de material vítreo e de arenito
Geodo de interação (tipo 2)	Geodo constituído por lentes de basalto e de arenito e/ou material vítreo interestratificadas (base) + ágata (topo) (Fig 7.9)	Zona de transição intermediária em relação aos diques de material vítreo e de arenito
Geodo de interação (tipo 3)	Geodo constituído por lentes de basalto + ágata + ônix + argila + vidro vulcânico (base) + nível de calcedônia + quartzo hialino (topo) (Fig 7.10)	Zona intermediária-inferior entre as lentes de vidro e próximo a xenólitos de dacito semi-vítreo
Geodo misto	Geodos, ou pedaços de geodo constituídos por ágata maciça de cor azul-escuro (base) + quartzo hialino (topo)	Porção superior do derrame portador (controle vertical);
Geodo maciço	Geodo preenchido apenas por ágata com distribuição e coloração uniforme	Porção mediana do derrame portador (controle lateral e vertical)
Geodo pequeno	Geodo com diâmetro reduzido preenchido por ágata maciça	Porção inferior do derrame portador (controle vertical)

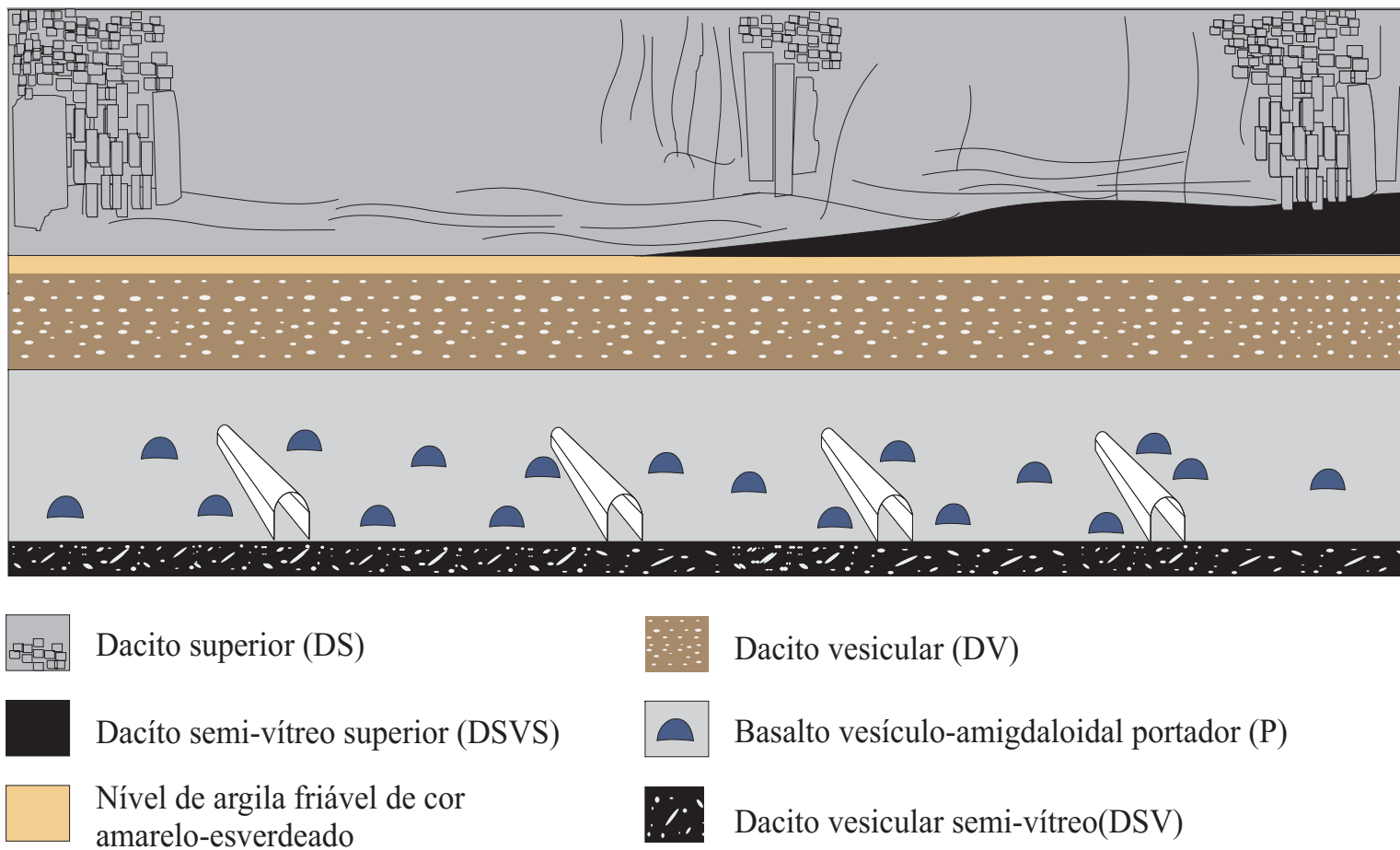
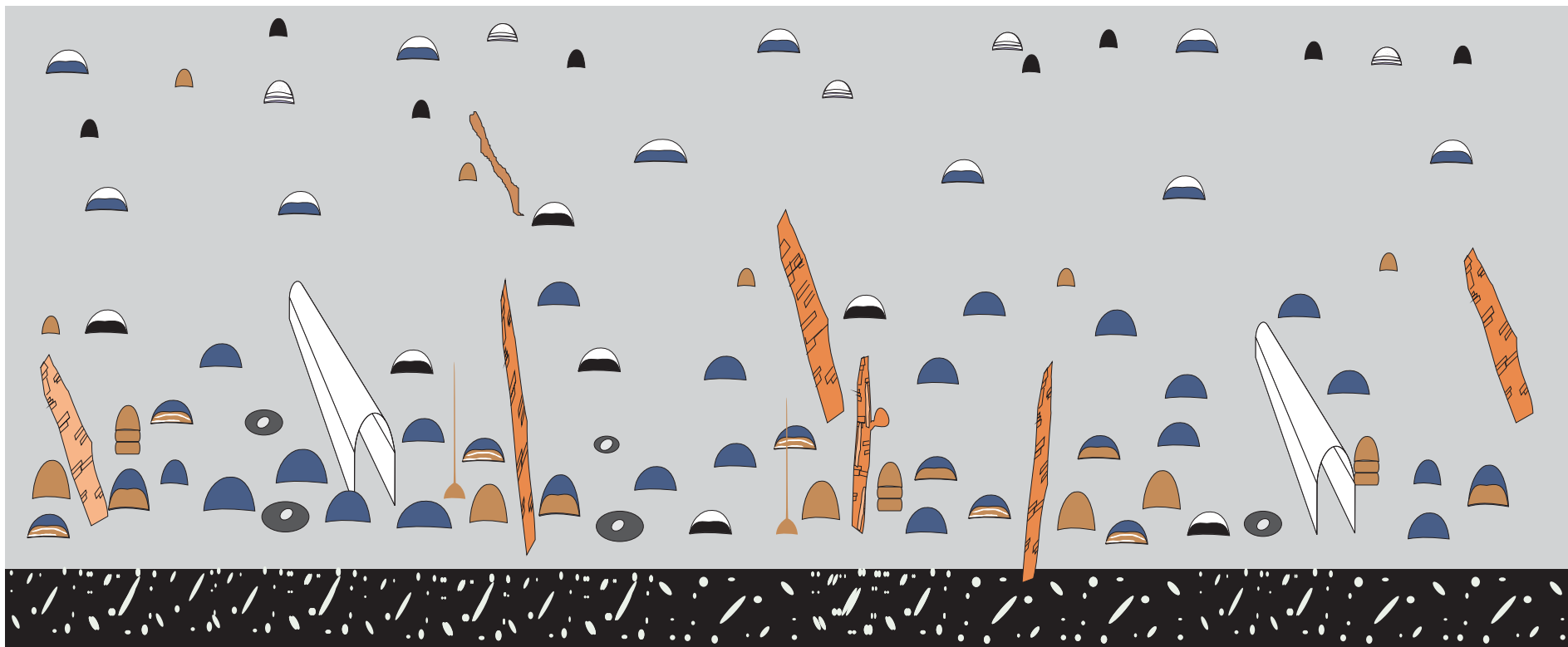


Figura 7.5 - Croqui esquemático das unidades líticas que compõem as frentes de lava da região de Salto do Jacuí.



- | | | | |
|---|---|--|--|
|  Nível basáltico vesículo-amigdaloidal portador |  Dique de material vítreo com lentes de arenito conectado com geodo de material vítreo |  Geodo de material vítreo |  Geodo de ágata com listras (base) + quartzo hialino |
|  Nível dacítico vesicular semi-vítreo |  Dique de arenito |  Geodo de material vítreo (base) + ágata |  Geodo de ágata (topo) + bandas de ágata e material vítreo (base) |
|  Elipse de dacito semi-vítreo assimilando fragmento do nível portador e assimilada pelo derrame portador |  Dique de material vítreo |  Geodo de ágata + vidro + ônix (base) + quartzo hialino |  Geodo de ágata (base) + quartzo hialino (topo) |
|  Estrutura com forma de geodo (material vítreo e/ou arenito) conectado com dique do mesmo material | |  Geodo de ágata tipo "Umbu" |  Geodo de ágata maciço de cor preta |
| | |  Geodo de arenito silicificado | |

Figura 7.6 - Croqui esquemático do derrame basáltico portador (P) dos geodos de ágata da região de Salto do Jacuí. As estruturas associadas e os tipos de geodo e preenchimentos estão dispostos de acordo com a disposição espacial dentro do derrame portador.

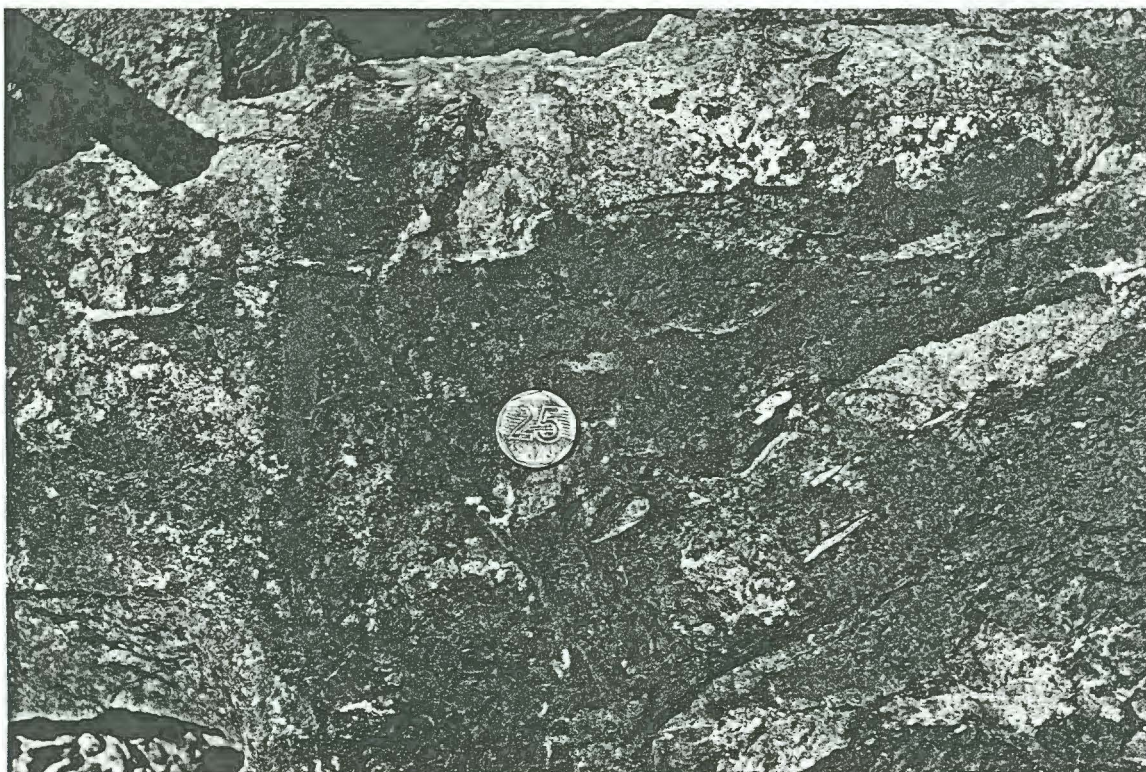


Figura 7.7a - Diques de material vítreo de cor castanho que ocorrem no nível basáltico portador



Figura 7.7b - Dique constituído por lentes de arenito, de material vítreo e de basalto portador alterado



Figura 7.7c - Fotografia de detalhe do dique constituído por lentes de arenito, de material vítreo e de basalto portador alterado.



Figura 7.8 - Porções com forma de geodo constituídas por material vítreo que são conectadas com diques do mesmo material

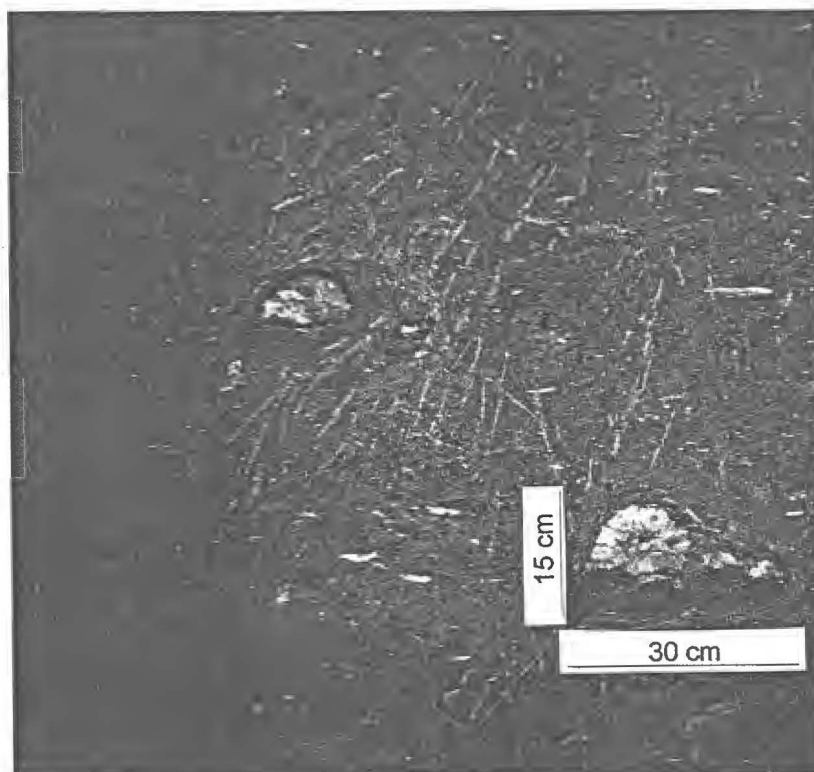


Figura 7.9 – Porções com formato de geodo constituídas por material vítreo e lentes de calcedônia e quartzo microcristalino



Figura 7.10 – Geodo constituído por lentes de ágata, material vítreo, calcedônia e ônix (base) + quartzo hialino (topo)

7.4 Avaliação preliminar do processo de mineralização

No limite superior da Fm. Botucatu, no contato com o basalto intergranular da base da Fm. Serra Geral na região de Ibarama (sul da área), ocorre uma porção do basalto intergranular na cota de aproximadamente 100 m que tem uma textura constituída por nódulos arredondados-ovalados de cor vermelha dispostos ao longo de um bandamento persistente em todo o afloramento. Ao microscópico, verifica-se que os nódulos contêm vidro vulcânico no lugar de piroxênio intergranular, além de se observar um aumento no conteúdo de minerais opacos nessas posições. A cor avermelhada deve-se a uma forte pigmentação por óxidos de ferro, mas que não está relacionada a qualquer espécie de fraturas, ou de fissuras ao longo das quais possa ter percolado águas superficiais para determinar a oxidação. Piroxênios e minerais opacos, embora tingidos pela pigmentação, não mostram evidências texturais de sofrerem qualquer processo de alteração para dar origem àquela pigmentação. Assim, as características petrográficas e a posição desse nível basáltico dentro da unidade vulcânica permitem indicar a origem destes nódulos, ou lentes a partir de uma assimilação limitada do arenito da Fm. Botucatu. Essa feição de nódulos de textura granular e de cor castanha também é verificada no intertrape de arenito Botucatu da cota altimétrica de 300 m, que ocorre somente na porção sul do Município de Ibarama e Sobradinho.

Em nível regional, ocorrem estruturas do tipo *boulders* elípticos com diâmetro de 2 a 7 m, imersos em matriz argilosa de cor amarela-esverdeada originada por meio da alteração de rocha vulcânica vesicular de difícil identificação; a matriz dos *boulders* também pode ser constituída por rocha vesicular semelhante ao nível dacítico vesicular de cor castanho avermelhado ("cupim"), que ocorre nos garimpos de Salto do Jacuí. Os *boulders* afloram estratigraficamente acima dos intertrapes areníticos da Fm. Botucatu das cotas altimétricas de 200 m (Estrela Velha - Arroio da Tigre); nas frentes de lavra, estão inseridos no nível vesicular superior, que se constitui no último nível aflorante somente quando ocorrem as estruturas do tipo *boulders*. No entanto, na região de Sobradinho, os *boulders* também estão associados com o intertrape da cota de 400 m.

Os principais tipos de *boulders* caracterizados são constituídos por:

- dacito vesicular tipo "cupim" (DV);
- dacito vesicular tipo "cupim" silicificado;
- arenito + coroa de dacito vesicular tipo "cupim" + nódulos de arenito;
- arenito vesicular + arenito silicificado;
- arenito silicificado;
- basalto vesicular marrom escuro + coroa de dacito vesicular tipo "cupim".

Na região entre Estrela Velha e Arroio do Tigre, foi executado um perfil geológico de 3 Km de extensão, a partir do contato entre o intertrape de arenito da Fm. Botucatu da cota de

200 m e os *boulders* sobrejacentes até o nível dacítico da cota de 320 m. O contato entre o dacito com padrão de fraturas anastomosado ($100^{\circ};30^{\circ}$) e os *boulders* é lateralmente transicional; na zona de transição, ocorrem diques de cor castanha escura de material silicificado semelhantes aos descritos no nível portador (P) dos geodos em Salto do Jacuí. Esses diques têm 1 m de comprimento por 2 centímetros de largura e orientação preferencial EW com mergulho de 85° . Na zona de contato entre o dacito e a porção onde ocorrem os *boulders*, há uma mudança abrupta na inflexão da disjunção horizontal do derrame dacítico, com o mergulho da disjunção variando de 30° para 80° num intervalo lateral de 3 metros. Entre as estruturas elípticas do tipo *boulders* e o dacito, ocorrem diques de basalto vesicular de cor marrom escura associado à rocha semi-vítrea vesicular de cor preta e porções de dacito (DSV). Os *boulders* (Fig 7.11) ocorrem no contato superior da Fm. Botucatu e, entre essas estruturas, ocorrem diques de basalto vesicular de cor marrom escura associado a rocha semi-vítrea vesicular de cor preta.

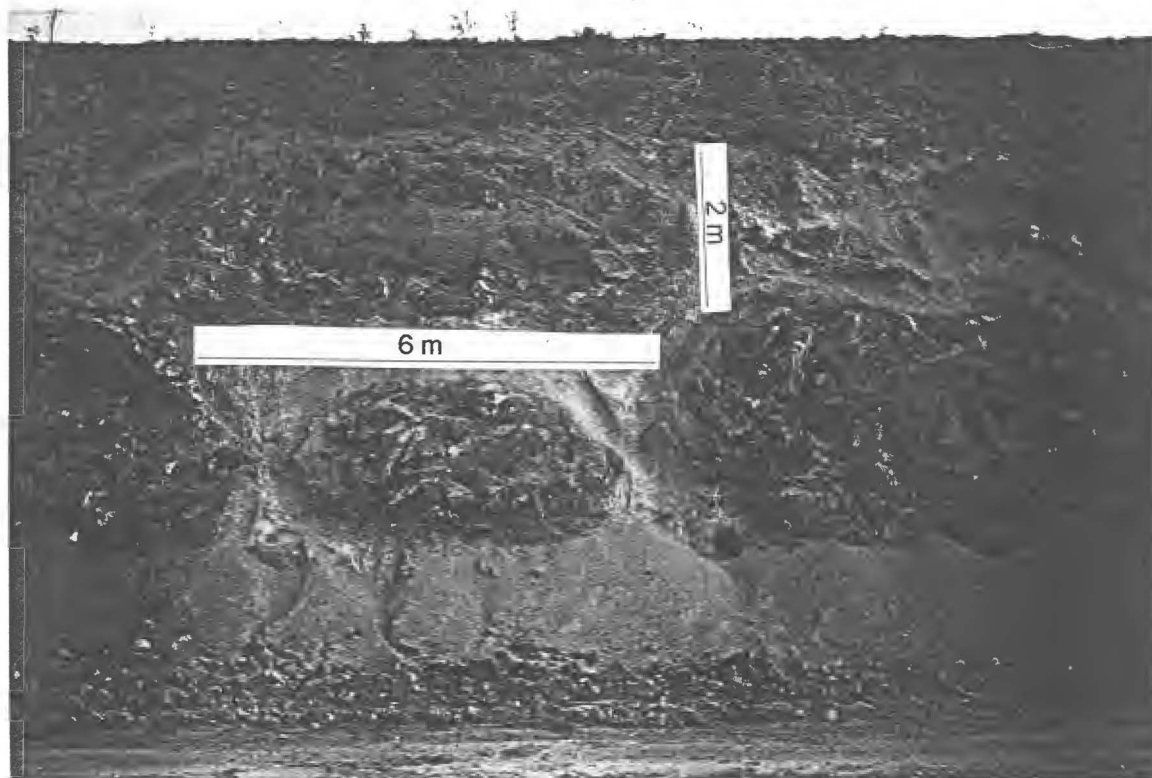


Figura 7.11 - Detalhe dos boulders constituídos por rocha vulcânica vesicular e/ou por arenito com textura vesicular.

A posição estratigráfica dessas estruturas, acima do intertrape de arenito da Fm. Botucatu, e a composição arenítica (nódulos de arenito) e ácida vesicular das maioria dos *boulders* indicam que a assimilação dos arenitos quartzosos da Fm. Botucatu foi um processo muito significativo não apenas em nível local, mas também regional, já que os *boulders* ocorrem também no extremo sul da região, no Município de Sobradinho.

As porções com formato de geodos constituídas por material vítreo de cor castanha contêm micrólitos de plagioclásio e cristais de piroxênio, ocorrem em todas as frentes de lavra da região de Salto do Jacuí e sugerem que a origem dessas estruturas foi a partir da alteração de uma rocha vulcânica básica. Os diques que ocorrem associados às estruturas do tipo geodo também têm composição e origem semelhante, já que foram gerados no mesmo evento, pois essas estruturas estão inseridas no mesmo nível estratigráfico, litológico e altimétrico e têm relações de contato indicando que, em alguns casos, os diques foram os condutos que originaram as estruturas do tipo geodo constituídas por material vítreo de cor púrpura a luz natural e polarizada.

O nível de dacito semi-vítreo (DSV) de cor preta e brilho resinoso que ocorre na base do derrame basáltico portador e o próprio derrame portador (P) foram gerados no mesmo evento extrusivo, pois ocorrem lentes do nível semi-vítreo assimiladas pelo basalto e também porções do basalto portador assimiladas pelo nível dacítico semi vítreo. A presença do nível semi-vítreo dacítico associado com o nível basáltico não pode ser explicada em termos de diferenciação, já que petrologicamente o nível vítreo não poderia ser ácido e estar associado a um derrame básico, a não ser que:

- a) o teor de sílica mais elevado do nível semi-vítreo dacítico foi consequência da interação térmica entre o derrame e os arenitos quartzo-feldspáticos do intertrape da Fm. Botucatu, que forneceu o conteúdo excedente de sílica;
- b) o nível semi-vítreo dacítico poderia pertencer ao topo de um outro derrame. Entretanto, existem alguns problemas: 1) se o nível dacítico semi-vítreo pertence a outro derrame como explicar as estruturas de assimilação de ambos os níveis basáltico portador e semi vítreo dacítico; 2) o derrame estratigraficamente inferior ao nível semi-vítreo dacítico também é básico; 3) ocorre, imediatamente abaixo do nível semi-vítreo, um intertrape de arenito da Fm. Botucatu, o que é comprovado pelas feições de assimilação de blocos de arenito quartzoso fino que ocorrem em ambos os níveis semi-vítreo e portador. Portanto, em termos estratigráficos, a hipótese desse nível semi-vítreo pertencer a outro derrame pode ser descartada.

A ocorrência de porções de arenito e de material vítreo com formato de geodo, ambos assimilados pelo nível basáltico portador, indica que os geodos de ágata não foram gerados a partir da assimilação de blocos de arenito da Fm. Botucatu, apesar da fonte de sílica poder estar relacionada com a interação térmica entre os arenitos quartzosos do intertrape inferior da Fm. Botucatu e o derrame basáltico superior, durante a fase de extrusão e resfriamento do

magma basáltico portador. As porções de material vítreo de cor castanha com formato de geodo, muitas vezes, ocorrem isoladas dentro do derrame basáltico portador e, em alguns casos, servem como base para a saída de diques com espessura centimétrica e comprimento variável que se projetam no sentido vertical e que terminam dentro do derrame portador. Se essas feições não foram geradas por assimilação de arenitos, o magma que originou essas estruturas seria de composição diferenciada, ou gerado do próprio magma que originou o nível basáltico portador e separado posteriormente como uma fase distinta por imiscibilidade de líquidos. Entretanto, não são encontradas evidências de outra geração de derrame associada ao nível portador, e, muito menos, foram caracterizadas feições de mistura de magmas, tanto nos derrames inferiores, quanto nos níveis superiores. Há, ainda, que se considerar os aspectos petrográficos, uma vez que as texturas dos *boulders* de arenito ainda estão preservadas.

De acordo com Bossi (1974), no Departamento de Artigas (Uruguai), a interação entre o magma basáltico e o arenito da Fm. Tacuarembó (equivalente a Fm. Botucatu) possibilitaria a transformação do conteúdo excedente em sílica na paragênese quartzo + ametista. Os fragmentos de arenito silicificado englobados pelo magma poderiam ser indício da relação entre o arenito e a gênese dos cristais de quartzo e ametista dos geodos. As feições que Bossi & Caggiano atribui à interação dos sedimentos da Fm. Tacuarembó com as lavas da Fm. Arapey (equivalente a Fm. Serra Geral) são semelhantes àquelas descritas nesse trabalho na região de Salto do Jacuí. Outras feições, como os diques de arenito e de material vítreo, geodos de arenito, a brecha vulcânica e os níveis vesiculares que ocorrem na região de Salto do Jacuí, favorecem a hipótese do processo de mineralização ser, em parte, consequência da interação entre soluções magmáticas e os sedimentos quartzosos subjacentes da Fm. Botucatu.

O dacito vesicular semelhante ao que ocorre nas frentes de lavra da região de Salto do Jacuí corta todas as unidades regionais da região de Salto do Jacuí – Sobradinho e constitui-se na última manifestação vulcânica da região. Conseqüentemente, o nível local de dacítico vesicular (DV, “cupim”) poderia ser um derrame individual, separado das outras unidades líticas locais. Entretanto, o posicionamento estratigráfico, em nível local, do DV é inferior à unidade do dacito glomeropórfito superior (DS), que é, em termos macroscópicos e petrográficos, muito diferente do nível local dacítico vesicular (DV). Em termos de evidências estruturais, os níveis de DSV, basáltico portador (P) e dacítico vesicular (DV) foram gerados em um mesmo evento magmático, já que ocorrem diques de arenito e de material vítreo que cortam ambas as unidades; além disso, em termos estratigráficos, o nível DV é sobreposto pelo DS e as características dessas unidades são muito diferentes:

- nível dacítico vesicular (DV) tem textura vesicular forte e matriz vítrea hipohialina, enquanto que o nível dacítico superior (DS) é holocristalino e não possui textura vesicular;
- nível dacítico vesicular (DV) é caracterizado pela orientação de suas vesículas e por não possuir fraturas; o nível dacítico superior (DS) é caracterizado pelo padrão anastomosado de fraturas, das disjunções horizontais e pelas fraturas verticais;

- os diques de arenito e de material vítreo cortam as três unidades anteriores e podem ser observados diques individuais que cortam os três níveis (DSV, P e DV); no nível dacítico superior (DS) não ocorrem nenhum dos dois tipos de diques;
- não foram observadas relações intrusivas entre o nível dacítico superior e o nível dacítico vesicular.

A única evidência local que poderia ser favorável a hipótese de que o derrame dacítico vesicular (DV) é um nível local individual é a de que ocorrem, de modo muito subordinado, pequenos diques e *sills* de poucos centímetros de largura de material vítreo de cor castanha parecidos com os diques que cortam os níveis DSV, P e DV; se considerarmos que os diques de material semi-vítreo de cor castanha são relacionados com o DV, isto seria uma evidência estratigráfica em favor da geração posterior do nível DV. Porém, de qualquer forma, esses diques, em nível local, não estão conectados com o DV, pois muitos diques ocorrem completamente inseridos em um único nível, sem nenhuma relação com o DV.

Além das estruturas de meso e macro-escala, também há que se considerar as feições de micro-escala, principalmente aquelas desenvolvidas entre as vesículas e o basalto/dacito encaixante. As principais feições petrográficas que ocorrem no contato entre as amígdalas e a matriz vítrea dos derrames portadores são:

- amígdalas reativas com o magma basáltico-andesítico do derrame portador, com contatos reentrantes com a matriz vítrea, de modo a resultar em saliências da matriz dentro das amígdalas;
- auréolas de material vítreo no contato entre a amígdala e a matriz basáltica. A auréola vítrea interage com a amígdala e parece estar sofrendo assimilação parcial pelo material de preenchimento;
- ocorrem cristais tabulares de plagioclásio que avançam parcialmente nas amígdalas e isso pode estar relacionado com a reação diferencial da amígdala sobre a rocha basáltica.

Os critérios geoquímicos utilizados para distinguir as relações intra e interderrames em escala local também foram verificados e confrontados com a análise petrográfica, principalmente para auxiliar na identificação das relações estruturais entre encaves do nível dacítico semi-vítreo inseridos no derrame basáltico portador e a ocorrência de diques que cortam as três principais unidades líticas que compõem a seqüência vulcânica dos garimpos da região. As razões entre elementos imóveis, tais como Ti/Zr, Th/Yb, Th/Nb, Zr/Nb, Nb/Y e Ta/Yb, são muito semelhantes (Tab 7.4) para os níveis semi-vítreo dacítico inferior, basáltico portador e dacítico vesicular. Esses níveis são as principais unidades líticas que formam as frentes de lavra e, desde que possuam características petrográficas e geoquímicas semelhantes, favorecem a hipótese de que foram gerados em um mesmo evento magmático, ou são estruturas pertencentes ao mesmo derrame que foram diferenciadas pela assimilação de

arenito quartzoso da Fm. Botucatu, pela zonação da distribuição das vesículas relacionadas à extrusão e resfriamento do magma pelos níveis externos que foram frentes de resfriamento.

Tabela 7.4 - Razões entre elementos traço imóveis e incompatíveis. Abreviaturas adotadas: DI, dacito inferior; BI, basalto inferior; DSV, dacito semi-vítreo; P, derrame portador; DV, dacito vesicular; DS, dacito superior; R1, associação regional de basalto intergranular; R2B, associação regional de basalto glomeropórfiro; R2A, associação regional de dacito glomeropórfiro; e R3, associação regional de dacito holocristalino.

Uni	Th/Nb	Zr/Nb	Nb/Y	Ta/Yb	Th/Yb	Ti/Zr
DI	0,9	12,4-15	0,2-0,4	0,3-0,5	2,4-3,9	27
BI	0,47-0,54	10-12	0,3-0,4	0,25	1,65-1,8	60-62
DSV	0,6	10	0,6	0,48-0,5	3,8-4	24
P	0,6	9-10	0,6-0,8	0,45-0,65	3,8-4	23-24
DV	0,6	9,5-10	0,6	0,5	4	24-25
DS	0,4-0,8	10-13	0,3-0,6	0,3-0,5	2-4	23-30
R1	0,4-0,5	11-13	0,38-0,48	0,22-0,28	1,5-2	50-60
R2B	0,4-0,49	11-12	0,3-0,4	0,2	1,3-1,7	60-67
R2A	0,56-0,6	10	0,4-0,5	0,25-0,4	2-3	26-27
R3	0,6-0,8	10-11	0,4-0,5	0,3-0,4	2,4-3,7	13-14

Em resumo, em termos regionais, o dacito vesicular pode ser considerado como a última manifestação vulcânica extrusiva; entretanto, em termos locais, é necessário verificar adicionalmente essa hipótese e as relações entre as estruturas dos derrames e o processo de mineralização. Estudos adicionais estão em andamento para definir lacunas sobre o processo de mineralização; estão sendo programadas análises de difração de raios-x e estudos utilizando o microscópio eletrônico de varredura (MEV) para determinar o material vítreo que constitui a matriz do nível dacítico vesicular, o tipo de argila que constitui a camada amarela esverdeada inserida entre os níveis locais DV e DS e a matriz de cor púrpura que forma as porções com forma geodica constituídas por material vítreo na região de Salto do Jacuí.

8. CONCLUSÕES

A principal região produtora de geodos de ágata está localizada no Município de Salto do Jacuí (RS), onde ocorrem os derrames portadores dos maiores depósitos de ágata do Brasil. Os principais depósitos e áreas promissoras ocorrem às margens do Rio Jacuí e seus afluentes, em uma faixa contínua situada entre a Usina Hidroelétrica Eng. Maia Filho e a foz do Rio Ivaí. A análise das características geológico-estruturais e geoquímicas dos principais depósitos e ocorrências de geodo de ágata do Município de Salto do Jacuí (RS) resultou nas seguintes conclusões sobre a geologia da área e na identificação dos seguintes guias prospectivos locais e regionais:

1. As jazidas de ágata da região de Salto do Jacuí foram classificadas de acordo com três grupos principais de controles geológicos de depósitos minerais: 1) litológicos; 2) estratigráficos; e 3) estruturais. O controle litológico foi determinado por meio da caracterização das principais unidades líticas que compõem as frentes de lavra. O controle estratigráfico foi caracterizado pela determinação da sucessão vulcânica associada ao derrame portador; e o controle estrutural, por meio da análise das relações entre as estruturas associadas com as unidades líticas e o derrame portador.
2. Em nível regional, foram caracterizados três associações de derrames basálticos a dacíticos, considerando critérios estruturais, critérios estratigráficos quanto ao posicionamento entre intertrapes de arenito da Fm. Botucatu, dados petrográficos texturais e químicos. A primeira associação regional (R1) é caracterizada por derrames basálticos com textura intergranular forte, que ocorrem entre o topo da Fm. Botucatu, que aflora na cota de 80 m, e o intertrape de arenito da Fm. Botucatu da cota de 200 m. A segunda associação regional é caracterizada pela interrelação entre derrames básicos (R2B) e ácidos (R2A) com textura glomeropórfira, que ocorrem entre os intertrapes de arenito da Fm. Botucatu das cotas altimétricas de 200 m e 400 m. A última associação regional (R3) é constituída por derrames dacíticos com textura predominante holocristalina.
3. Em nível de detalhe, a seqüência vulcânica na região de Salto do Jacuí é composta por sete unidades líticas basálticas a dacíticas, que caracterizam a Estrutura Jacuí (E.J), organizadas de acordo com a ordem de superposição vertical: dacito inferior (DI), basalto inferior (BI), dacito semi-vítreo (DSV), basalto portador (P), dacito vesicular (DV), dacito semi-vítreo superior (DSVS) e dacito superior (DS). Todas essas unidades têm textura glomeropórfira e matriz hipohialina, com exceção do nível basáltico inferior (BI), que é holocristalino.

4. Os depósitos de ágata ocorrem no intervalo altimétrico de 200 a 260 m, inseridos em um único derrame portador (P), na região do Município de Salto do Jacuí (RS), próximo as margens do Rio Jacuí.
5. O derrame portador dos geodos de ágata (P), denominado de Derrame Jacuí, é um derrame basáltico, de afinidade toleítica (subalcalino) e constituído principalmente por uma matriz vítrea hipohialina e por glomeropórfiros de plagioclásio, clinopiroxênio e minerais opacos. A característica distintiva é a presença da textura vesículo-amigdaloidal.
6. O Derrame Jacuí ocorre associado com diques areníticos e/ou de material vítreo de cor castanho, com estruturas do tipo encraves de cor preta e de forma elíptica do nível dacítico semi-vítreo (DSV), que ocorrem assimilados pelo nível portador e assimilando porções do próprio derrame portador e níveis de brecha vulcânica.
7. Os geodos de ágata que ocorrem inseridos no Derrame Jacuí têm a seguinte distribuição: na base, ocorrem geodos menores preenchidos por ágata maciça e com 10 cm de diâmetro médio; na porção mediana, ocorrem geodos maiores, com até 1 m de diâmetro, preenchidos por ágata de cor azul homogênea do tipo Umbú, utilizada para exportação em bruto; na porção superior, os geodos são preenchidos, na base, por ágata de cor relativamente mais escura e, no topo, por quartzo hialino.
8. Os geodos têm forma semi-esférica predominante, com a base plana, e, subordinadamente, ocorrem geodos com forma esférica, alongada ou irregular. Os geodos são preenchidos principalmente por uma paragênese silícea, constituída por calcedônia, ágata, ônix e quartzo incolor.
9. Os guias prospectivos intraderrame portador, utilizados para delimitar zonas preferenciais para a exploração de geodos, são: 1) níveis de brecha vulcânica; 2) diques areníticos e de material vítreo, ambos com cor castanha e silicificados; 3) porções com forma de geodo, constituídas por arenito e/ou material vítreo, ambos de cor castanho claro a escuro; 4) encraves com forma elíptica a esférica do nível dacítico vesicular semi-vítreo (DSV); 5) zonação vertical da paragênese de preenchimento dos geodos e 6) zonação vertical da variação do diâmetro médio dos geodos.

10. Os principais guias prospectivos, que podem ser utilizados na prospecção de áreas análogas, são: a) a brecha vulcânica, b) o nível dacítico semi-vítreo vesicular (DSV), c) o nível dacítico vesicular (DV), d) os diques areníticos e de material vítreo de cor castanha avermelhada e e) os encraves de porções do nível dacítico semi-vítreo.

11. Os principais guias prospectivos regionais utilizados para determinar áreas alvo na região de Salto do Jacuí - Sobradinho são: a) a brecha vulcânica, b) os diques areníticos e de material vítreo, ambos de cor castanho, c) os derrames dacíticos vesiculares de cor avermelhada com vesículas orientadas semelhantes ao nível dacítico vesicular de Salto do Jacuí, d) os níveis vítreos associados a intertrapes areníticos e e) os *boulders* areníticos e/ou basálticos vesiculares imersos em matriz argilosa de cor amarela esverdeada proveniente da alteração de rocha vulcânica vesicular, com aspecto semelhante ao horizonte de argila que ocorre em nível local na região de Salto do Jacuí.

12. A seqüência vulcânica da região é caracterizada a) pela alternância de níveis ácidos e básicos, b) pela presença de brecha vulcânica constituída por fragmentos irregulares de arenito e de basalto vesicular, diques areníticos, arenitos silicificados com textura vesículo-amigdaloidal e com amígdalas preenchidas por quartzo, e c) por *megaboulders* de arenito envoltos por basalto vesicular, indicando que a assimilação dos arenitos quartzosos da Fm. Botucatu foi um processo operante tanto em nível local como regional.

13. Os depósitos de ágata que ocorrem na região de Salto do Jacuí possuem características geológico-estruturais peculiares, que permitem definir as ocorrências e os depósitos como representantes de um tipo específico de jazida mineral associado a derrames basáltico-dacíticos. Desse modo, propõem-se utilizar a denominação de Depósitos de Ágata do Tipo Salto do Jacuí.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, F.F.M. Distribuição regional e relações tectônicas do magmatismo pós-Paleozóico no Brasil. *Rev. Bras. Geociências*, São Paulo, n. 16(4) p. 325-349, 1986.
- AMARAL, G.; CORDANI, V.G.; KAWASHITA, K.; REYNOLDS, J.H. Potassium-argon dates of basaltic rocks from southern Brazil. *Geochim. Cosmochim. Acta*, 30, 159-189, 1966.
- BARD, J.P. *Microtextures of igneous and metamorphic rocks*. Holland:Reider Publishing, 256p, 1986.
- BELLIENI, G.; BROTZU, P.; COMIN-CHIARAMONTI, P.; ERNESTO, M.; MELFI, A.J.; PACCA, I.G.; PICCIRILLO, E.M. Flood basalt to rhyolite suites in the Southern Paraná plateau (Brazil): paleomagnetism, petrogenesis and geodynamic implications. *J. Petrol.*, v. 25, p. 579-618, 1984a.
- BELLIENI, G.; BROTZU, P.; COMIN-CHIARAMONTI, P.; ERNESTO, M.; MELFI, A.J.; PACCA, I.G.; PICCIRILLO, E.M. and STOLFA, D. Petrological and paleomagnetic data on the plateau basalt to rhyolite sequences of the southern Paraná basin (Brazil). *An. Acad. Brasil. Ciênc.*, 55, 355-383, 1983.
- BELLIENI, G.; COMIN-CHIARAMONTI, P.; MARQUES, L.S.; MELFI, A.J.; NARDY, A.J.R.; PAPTRECHAS, C.; PICCIRILLO, E.M.; ROISENBERG, A.; STOLFA, D. Petrogenetic aspects of acid and basaltic lavas from the Paraná Plateau (Brazil): Mineralogical and Petrochemical Relationships. *J. Petrol.*, n. 27(4), p. 915-944, 1986.
- BELLIENI, G.; COMIN-CHIARAMONTI, P.; MARQUES, L.S.; MELFI, A.J.; NARDY, A.J.R.; C.; PICCIRILLO, E.M.; ROISENBERG, A. High and low-TiO₂ flood basalts from the Parana Plateau (Brazil): petrology and geochemical aspects bearing on their mantle origin. *N.J. Mineral. ;Abhl.*, 150: 273-306, 1984b.
- BOSSI, J.; CAGGIANO, W. Contribuição a la geologia de los yacimientos de amatista del Departamento de Artigas (Uruguay). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 28, Porto Alegre. *Anais....* Porto Alegre:SBG, 1974. v.3, p. 301-318, 1974.
- CARMICHAEL, I.S.E. The petrology of Thingmuli, a Tertiary volcano in eastern Iceland. *J. Petrology*, v.5, p.435-460, 1964.

- CARRARO, C; GAMERMANN,N.; EICK,N.C.; BORTOLUZZI, C.A.; JOST, H; PINTO, J.F. Mapa geológico do Estado do Rio Grande do Sul. Escala 1:1.000.000, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, mapa nº8, 1974.
- CAS, R.A.F.; WRIGHT, J.V. Volcanic successions: modern and ancient. London:Unwin Hyman, 487p, 1987.
- COMIN-CHIARAMONTI, P.; BELLINI, G.; PICCIRILLO, E.M.; MELFI, A.J. Classification and petrography of continental stratoid volcanics and related intrusives from the Paraná Basin (Brazil). In: PICCIRILLO, E.M. & MELFI, A.J. (Eds.) The Mesozoic flood volcanism of the Paraná Basin: petrogenetic and geophysical aspects. São Paulo:IAG-USP, p. 47-72, 1988.
- CORDANI,V.G.; SARTORI,P.L.; KAWASHITA,K. Geoquímica dos isótopos de estrôncio e a evolução da atividade vulcânica na Bacia do Paraná (Sul do Brasil) durante o Cretáceo. An. Acad. Brasil. Ciênc., 52:811-818, 1980.
- CORDANI,V.G. and VANDOROS,P. Basaltic rocks of the Paraná basin. In: "Problems in Brazilian Gondwana geology" Paraná, 207-223, 1967.
- CORRÊA, T.E. Geologia e critérios de prospecção para depósitos de ametistas na região do Alto Uruguai, RS. Dissertação de mestrado, Escola de Engenharia, UFRGS, 140p, 1995.
- CORRÊA, T. Prospecção de ametistas na região do Médio / Alto Uruguai, RS. In: SALÃO DE PEDRAS PRECIOSAS NO RS, 2., Porto Alegre. Ciclo de palestras... Porto Alegre:Secretaria de Energia, Minas e Comunicações, p. 5-9, 1994.
- CORRÊA, T.; KOPPE, J.C.; COSTA, J.F.C.; MORAES, M.A..L. Caracterização geológica e critérios de prospecção de depósitos de ametistas tipo "Alto Uruguai", RS. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 38., Camburiu, SC. Anais ... Camburiu:SBG, v. 2, p. 137-138, 1994.
- COX, K.G.,. A model for flood basalt volcanism. J. Petrol., v. 21, parte 4, p. 629-650, 1980.
- COX, K.G.; BELL, J.D.; PANKERHURST, R.J. The interpretation of igneous rocks. London:George Allen & Unwin, 1979.

- CRUZ, R.D; SOUZA, P.C.; FERREIRA, C.M. Caracterização mineralógica e estruturas das ágatas do Rio Grande do Sul. In: Marini, O.J. (Ed.): Caracterização de minérios e rejeitos de depósitos minerais brasileiros; DNPM/DIREX/PADCT/GTM, p. 138-143, 1997.
- FODOR, D.W.; CORWIN, C. ; ROISENBERG, A. Petrology of Serra Geral (Paraná) continental flood basalts, southern Brazil: crustal contamination, source material and South Atlantic magmatism. *Contrib. to Mineral. Petrol.*, nº91, p. 54-65, 1985.
- FODOR, R.V. Low and high-TiO₂ flood basalts of southern Brazil: origin from picritic parentage and a common mantle source. *Earth Planet. Sci. Lett.* 84, 423-30, 1987.
- FÚLFARO, V.J. and LANDIM, P.M.B. Interpretação do tectonismo cratônico-o craton brasileiro e a bacia sedimentar do Paraná. *An. 27º Cong. Bras. Geol.*, 2, 187-188, 1973.
- GARLAND, F., TURNER, S. and HAWKESWORTH, C. Shifts in the source of the Paraná basalts through time. *Lithos*, 37: 223-243, 1996.
- GONZAGA DE CAMPOS, L.F. Relatório da comissão geográfica e geológica de São Paulo. Anexo, 21-34, 1889.
- GORDON JR., M. Classificação das formações gondwânicas do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul. Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM), Div. Geol. Miner., Notas Prel. Est. nº38, 20p, 1947.
- GREEN, J. C. Physical volcanology of mid-Proterozoic plateau lavas: the Keweenaw North Shore Volcanic Group, Minnesota. *Geol. Soc. of Am. Bull.*, n.101, p.486-500, 1989.
- HAWKESWORTH, C.J.; GALLAGHER, K.; KELLY, S.; MANTOVANI, M.S.M.; PEATE, D.W.; REGELOUS, M. and ROGERS, N.W. Paraná magmatism and the opening of the South Atlantic. In: *Magmatism and the causes of continental breakup*. Edit by Storey, B.C.; Alabaster, T. and Pankhurst, R.J. *Geol. Soc. Spec. Public.* London, nº68, p.221-240, 1992.
- HIDROSERVICE, Engenharia de projetos Ltda. Relatório geológico do bloco SG22-T (ACS 79), região Erechim-Chapecó. Relatório final. Paulipetro Consórcio/CESP 185, 94p, 1982.
- IRVINE, T.N.; BARAGAR, W.R.A. A guide to the chemical classification of the common volcanic rocks. *Can. J. Earth Sci.* 8, 523-48, 1971.

- JUCHEN, P.L.; HOFMEISTER, T.; BRUM, T.M. Substâncias gemológicas no Rio Grande do Sul. Modos de ocorrência e caracterização gemológica. In: CONG. BRAS. GEOLOGIA, 36. Natal, RN. Anais... Natal:SBG, v.3, p. 1436 – 1449, 1990.
- JUCHEN, P.L.; HOFMEISTER, T.; BRUM, T.M. Água e ametista no Rio Grande do Sul. SIMPÓSIO SUL-BRASILEIRO GEOLOGIA, 3., Curitiba, PR. Anais... Curitiba:SBG, v.2, p. 601-613, 1987.
- KELLERMANN, C.F. Água em Salto do Jacuí. Ocorrência e extração - aspectos ambientais e sócio-econômicos. Sindipedras, 64p, 1990.
- KOPPE, J.C. (Coord.) Relatório final do projeto “Proposições de Soluções Técnicas de Engenharia para a Melhoria das Condições de Segurança e Higiene do Trabalho em Garimpos de Ametistas, Região de Planalto e Ametista do Sul, RS”. Convênio DNPM/Fundação Luiz Englert. Porto Alegre, 128 p, 1993.
- LANDMESSER, M. Structural characteristics of agates and their genetic significance. *Neus Jahrbuch Mineral Abh.*, 159, 3, p.223-235, 1998.
- Le BAS, M.J.; Le MAITRE, R. W.; STRECKEISEN, A.; ZANETTIN, B. A chemical classification of volcanic rocks based on total alkali-silicate diagram. *J. Petrol.* 27: 745-750, 1986.
- LEINZ, V. Contribuição à geologia dos derrames basálticos do sul do Brasil. FFCL-USP Boletim C III, Geologia, São Paulo, n. S, p. 1-61, 1949.
- LEINZ, V.; BARTORELLI, A.; ISOTTA, C.A.L. Contribuição ao estudo do magmatismo basáltico Mesozóico da bacia do Paraná. *Acad. Bras. Cienc.*, São Paulo, n. 40, p. 167-181, 1968.
- LEINZ, V.; BARTORELLI, A.; SADOWSKI, G. R.; ISOTTA, C. A. L. Sobre o comportamento espacial do trap basáltico da bacia do Paraná. *Bol. Soc. Bras. Geol.*, 15, 79 – 91, 1966.
- Le MAITRE, R. W. A classification of igneous rocks and glossary of terms. Blackwell Scientific Publications Ltd, Oxford, 193 p, 1989.

- MACKENZIE, W.S.; DONALDSON, C.H.; GUILFORD, C. Atlas of igneous rocks and their textures. Longman Group Ltd editors, 148p, 1984.
- MANTOVANI, M.S.M.; CORDANI, V.G.; ROISENBERG, A. Geoquímica isotópica em vulcânicas ácidas da Bacia do Paraná e implicações genéticas associadas. Rev. Bras. Geociências, 15(1): 61-65, 1985.
- MANTOVANI, M.S.M.; PEATE, D.W.; HAWKESWORTH, C.J. Geochemical stratigraphy of Paraná continental flood basalts: a contribution from boreholes samples. In: PICCIRILLO, E.M. & MELFI, A.J. (Eds.) The Mesozoic flood volcanism of the Paraná Basin: petrogenetic and geophysical aspects. São Paulo: IAG-USP, p.15-23, 1988.
- MATTOS, L.E. Ágata no Brasil. In: anais do 28º Cong. Bras. Geol. POA. SBG. vol.7, p.249-259, 1974.
- MELFI, A.J. Potassium-argon ages for core samples of basaltic rocks from southern Brasil. Geochim. Cosmochim. Acta, vol.31: 1079-1089, 1967.
- MELFI, A.J.; PICCIRILLO, E.M.; NARDY, A.J.R. Geological and magmatic aspects of the Paraná Basin - an introduction. In: PICCIRILLO, E.M. & MELFI, A.J. (Eds.) The Mesozoic flood volcanism of the Paraná Basin: petrogenetic and geophysical aspects. São Paulo: IAG-USP, p.1-13, 1988.
- MINPET: Mineralogical and Petrological analysis software, versão 2.02 (1997).
- NORTHFLEET, A.; MEDEIROS, R.A.; MUHLMANN, H. Reavaliação dos dados geológicos da Bacia do Paraná. Bol. Tec. Petrobrás, Rio de Janeiro, 12, p.291-346, 1969.
- PEATE, D.W.; HAWKESWORTH, C.J.; MANTOVANI, M.S.M. Chemical stratigraphy of the Paraná lavas (South America): classification of magma types and their spatial distribution. Bull. Volcanol., n. 55, p. 119-139, 1992.
- PEATE, D.W.; HAWKESWORTH, C.J.; MANTOVANI, M.S.M.; SHUKOWSKY, W. Mantle plumes and flood basalts stratigraphy in the Paraná, South America. Geology, 18: 1223-1226, 1990.
- PEATE, D.W.; MANTOVANI, M.S.M.; HAWKESWORTH, C.J. Geochemical stratigraphy of the Paraná continental flood basalts: borehole evidence. Rev. Bras. de Geoc., São Paulo, v. 2, n. 18, p. 212-221, 1988.

- PETRINI, R.; CIVETTA, L.; PICCIRILLO, E.M.; BELLINI, G.; COMIN-CHIARAMONTI, P.; MARQUES, L.S.; MELFI, A.J. Mantle heterogeneity and crustal contamination in the genesis of low-Ti continental flood basalts from the Paraná plateau (Brazil): Sr-Nd isotope and geochemical evidence. *J. Petrol.*, 28: p.701-726, 1987.
- PICCIRILLO, E.M.; BELLINI, G.; COMIN - CHIARAMONTI, P.; ERNESTO, M.; MELFI, A. J.; PACCA, I. G.; USSAMI, N. Significance of the Paraná flood volcanism in the disruption of western Gondwanaland. In: PICCIRILLO, E.M. & MELFI, A.J. (Eds.) *The Mesozoic flood volcanism of the Paraná Basin: petrogenetic and geophysical aspects.* São Paulo: IAG-USP, p.285-295, 1988a.
- PICCIRILLO, E.M.; MELFI, A.J.; COMIN-CHIARAMONTI, P.; BELLINI, G.; ERNESTO, M.; MARQUES, L.S.; NARDY, A.J.R.; PACCA, I.G.; ROISENBERG, A.; STOLFA, D. Continental flood volcanism from the Paraná Basin (Brazil). In: MacDougall, J. D. (Ed.) *Continental flood basalts.* Kluwer Acad., p. 195-238, 1988b
- PICCIRILLO, E.M.; RAPOSO, M.I.B.; MELFI, A.J.; COMIN-CHIARAMONTI, P.; BELLINI, G.; CORDANI, U.G. and KAWASHITA, K. Bimodal fissural volcanic suites from the Paraná basin (Brazil): K-Ar age, Sr-isotopes and geochemistry. *Rev. Geoch. Bras.*, 1, p.53-69, 1987.
- RAMSAY, J.G.; HUBER, M.I. *The techniques of modern structural geology.* London: Academic Press. v. 2, p. 309-697, 1987.
- RENNE, P.R.; ERNESTO, M.; NARDY, A. J.R.; COE, R.S.; GLEN, J.M.; PRÉVOT, M.; PERRIN, M. Age and duration of Paraná Flood Volcanism in Brazil. In *EOS Special Publ. Of Fall Meeting, American geophysical Union*, 27, 531-532, 1992.
- RICKARD, M.J. A classification diagram of fold orientations. *Geol. Mag.* 108, 23-26, 1971.
- ROCHA-CAMPOS, A.C.; CORDANI, U.G.; KAWASHITA, K.; SONÕKI, H.M. SONÕKI, I.K. Age of the Paraná flood volcanism. In: PICCIRILLO, E.M. & MELFI, A.J. (Eds.) *The Mesozoic flood volcanism of the Paraná Basin: petrogenetic and geophysical aspects.* São Paulo: IAG-USP, p. 25-41, 1988.

- SARTORI, P.L.; MACIEL F^o, C.; MENEGOTTO, E. Contribuição ao estudo das rochas vulcânicas da bacia do Paraná na região de Santa Maria, RS. Rev, Bras. Geoc., v. 5, n. 3, p. 141-159, 1975.
- SCHNEIDER, A.W. Contribuição à petrologia dos derrames basálticos da Bacia do Paraná. Porto Alegre: Escola de Engenharia, UFRGS, 1964.
- SCHNEIDER, A.W. Vulcanismo basáltico da Bacia do Paraná: perfil da Foz do Iguaçu a Serra da Esperança. In: Cong. Bras. de Geologia, 24, SBG(GO), Brasília (DF), Anais..., p.211-217, 1970.
- SCOPEL, R. Alteração hidrotermal das rochas basálticas associadas às ametistas. Porto Alegre. Dissertação de Mestrado, Curso de Pós-graduação em Geociências da UFRGS, 218p, 1990.
- STASIUK, M.V.; JAUPART, C.; SPARKS, R.S. Influence of cooling on lava-flow dynamics. Geology, n. 21, p. 335-338, 1993.
- STRECKEISEN, A. Classifications and nomenclature of volcanic rocks, lamprophyres, carbonatites and melilitic rocks: recommendations and suggestions of the IUGS subcommission on the systematics of igneous rocks. Geology n° 7, p. 331-335, 1979.
- SZUBERT, E.C. Critérios de correlação entre derrames basálticos na província vulcânica mesozóica da Bacia do Paraná. Acta Geol Leopold., São Leopoldo, E.T n°13, vol.5(9), p.3-10, 1981.
- SZUBERT, E.C. Esquema interpretativo da evolução geológica das rochas vulcânicas mesozóicas da Bacia do Paraná. Acta Geol. Leopold., São Leopoldo, v.3, n°6, estudos tecnológicos n°10, p. 113-124, 1979.
- SZUBERT, E.C.; ORLANDI F^o, V. ; SHINTAKU, L. Geologia dos jazimentos de ametista do Alto Uruguai. Guias de prospecção. CONGRESSO BRASILEIRO GEOLOGIA, 30., Recife. Anais.... SBG, v.4, p.1883-1892, 1978a.
- SZUBERT, E.; KIRCHNER, C. A. ; SHINTAKU, I. Vulcanismo ácido no Planalto Meridional do Rio Grande do Sul. CONGRESSO BRASILEIRO GEOLOGIA, 30., Recife. Anais.... SBG, v.3, p. 1350 – 1356, 1978b.

- TURNER, S.; REGELOUS, M.; KELLEY, S.; HAWKSWORTH, C.; MANTOVANI, M. Magmatism and Continental break-up in the South Atlantic: high precision ^{39}Ar - ^{40}Ar geochronology. *Earth and Plan. Sc. Let.*, 121,314, 333-348, 1994.
- TURNER, S.; HAWKSWORTH,C.; GALLAGHER,K.; STEWART, K.; PEATE, D.; MANTOVANI, M. Mantle plumes, flood basalts, and thermal models for melt generation beneath continents: Assessment of a conductive heating model and application to the Paraná. *Journal of Geophysical Research*, v.101, n.B5, p.11503-11518, 1996.
- WEBSTER,R. *Gems*. Butterworths. England.1006p.1983.
- WHITE, I. C. Relatório sobre Coal Measures e rochas associadas ao sul do Brasil: Relatório final da comissão dos estudos das minas de carvão de pedra do Brasil, Rio de Janeiro, parte 1, p. 1-300, 1908.
- WHITE, R. S.; MCKENZIE, D. P. Mantle plumes and flood basalts. *J. Geophys. res.*, nº 100, 17543-17585, 1995.
- WILSON, M. *Igneous petrology*. New York:Unwin Hyman, 466 p, 1989.
- WINCHESTER, J.A., and FLOYD, P.A. Geochemical discrimination of different magma series and their differentiation products using immobile elements. *Chemical Geology*, 20, 325-343, 1977.
- ZALÁN, P.V.; WOLFF, S.; CONCEIÇÃO, J.C.J.; ASTOLFI, M.A.M.; VIEIRA, I.S.; APPI, V.T.; ZANOTTO, O. A. Tectônica e sedimentação da Bacia do Paraná. In:III Simpósio Sul-Brasileiro de Geologia, Curitiba, v.1, p.441-477, 1987.
- ZALÁN, P.V.; WOLFF, S.; ASTOLFI, M.A.M.; VIEIRA, I.S.; CONCEIÇÃO, J.C.J.; APPI, V.T.; NETO, E.V.S.; CERQUEIRA, J,R.; MARQUES, A. The Paraná basin, Brazil. *AAPG Memoir*, n. 51, p. 681-707,1991.

APÊNDICE

Glossário de termos utilizados e definições das texturas aplicadas em descrição petrográfica (Cox *et al.*, 1979; Bellieni *et al.*, 1988)

Fenocristais: cristais com diâmetro entre 0,5 a 2 mm;

Microfenocristais: cristais com diâmetro entre 0,2 a 0,5 mm;

Matriz: cristais com diâmetro máximo de 0,2 mm (incluindo vidro, acessórios etc)

Afírica: textura de rocha de grão fino sem fenocristais;

Dolerítica (diabásica, intergranular): também chamada intersticial, é uma textura com piroxênio intersticial entre ripas de plagioclásio;

Holocristalina: textura composta inteiramente por cristais ou onde o conteúdo de vidro intersticial é menor que 3 % em volume;

Hialocristalina: textura de uma rocha ígnea porfirítica na qual os fenocristais e vidro vulcânicos estão em igual (ou quase igual) proporção volumétrica, com uma razão fenocristais /matriz entre 5:3 e 3:5;

Hipocristalina: referida aos componentes cristalinos em uma matriz vítrea, com uma razão de cristais para vidro entre 7:1 e 5:3;

Hipohialina: referida aos componentes cristalinos em uma matriz vítrea, com uma razão de cristais para vidro entre 3:5 e 1:7;

Fortemente porfirítica: rochas onde o conteúdo de fenocristais mais microfenocristais esteja acima de 10 % em volume;

Fracamente porfirítica: texturas de rochas com fenocristais mais microfenocristais entre 2 e 5% em volume;

Subafírica: rochas com conteúdo de microfenocristais mais fenocristais com menos de 2% em volume;

Subofítica: textura na qual os cristais de feldspato tem aproximadamente o mesmo tamanho que o(s) piroxênio(s) e estejam parcialmente incluídos neles;

Vesicular: textura caracterizada por vesículas, geralmente preenchidas por materiais secundários (quartzo, carbonatos, argilo-minerais, cloritas, zeólitas, calcedônia);

Fracamente vesicular: vesículas perfazendo menos de 1 % em volume;

Vesicular: entre 1 e 3 %;

Fortemente vesicular: vesículas acima de 3 % em volume.

Amostra	Rocha	SiO2	Al2O3	Fe2O3	FeO	MnO	MgO	CaO	Na2O	K2O	TiO2	P2O5	LOI	TOTAL	CO2	Sr	Y	N	E	Altimetria
		%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	ppm	ppm	UTM	UTM	metros
12P	DI	66,30	12,14	6,41		0,08	1,09	2,56	2,66	4,40	0,86	0,27	1,23	97,99		121	52	6783761,95	283135,92	140-200
12O	DI	65,23	12,41	6,16		0,12	1,20	2,67	2,72	4,97	0,87	0,27	1,35	97,97		116	36	6783761,95	283135,92	140-200
12M	DI	66,37	12,75	7,36		0,06	1,29	3,10	3,08	3,93	1,06	0,28	1,70	100,98		144	35	6783761,95	283135,92	140-200
12K	BI	54,88	12,69	13,79		0,16	3,19	7,07	2,70	1,98	1,61	0,29	0,75	99,11		166	37	6783757,48	283225,32	140-200
12I	BI	54,63	12,74	13,90		0,18	3,27	7,21	2,67	2,14	1,63	0,29	0,62	99,29		165	37	6783757,48	283225,32	140-200
12G	BI	54,32	12,52	13,94		0,18	3,21	6,93	2,72	2,15	1,64	0,31	0,77	98,70		164	38	6783757,48	283225,32	140-200
12E	BI	55,06	12,75	13,70		0,18	3,12	7,04	2,93	2,18	1,61	0,30	0,51	99,36		168	39	6783757,48	283225,32	140-200
12C	BI	54,73	12,51	13,76		0,19	3,19	6,89	2,85	2,51	1,60	0,30	0,39	98,91		161	38	6783757,48	283225,32	140-200
12A	BI	55,31	12,59	13,56		0,21	3,14	6,95	2,91	2,25	1,59	0,30	0,46	99,26		166	39	6783757,48	283225,32	140-200
4	DSV	64,77	12,49	2,68	3,07	0,10	1,31	3,30	3,01	3,32	0,88	0,26	3,32	98,50	0,07	149	36	6779884	280658	200-260
5D	DSV	65,62	12,69	2,93	2,93	0,10	1,37	3,39	2,81	3,46	0,90	0,27	3,68	100,15	0,044	151	36	6779026,63	280961,26	200-260
7A	DSV	65,47	12,71	3,32	2,61	0,10	1,40	3,37	2,95	3,32	0,90	0,27	3,59	100,01	0,011	150	36	6780077,67	280191,7	200-260
14A	DSV	64,73	12,53	3,00	2,78	0,10	1,35	3,37	3,00	3,50	0,88	0,27	3,32	98,81	0,026	148	36	6779884	280658	200-260
15E	DSV	65,14	12,67	2,90	2,74	0,11	1,41	3,40	2,81	3,40	0,89	0,26	3,61	99,34	<0,003	151	36	6778940,4	280635,52	200-260
18A	DSV	65,82	12,75	3,15	2,70	0,10	1,39	3,37	2,84	3,37	0,90	0,27	3,97	100,64	0,139	152	36	6778940,4	280635,52	200-260
18B	DSV	64,73	12,82	3,41	2,66	0,10	1,34	3,39	2,74	3,42	0,93	0,27	4,22	100,01	0,015	153	35	6778940,4	280635,52	200-260
7G	DSVS	65,12	12,44	2,83	2,96	0,11	1,28	3,26	2,95	3,63	0,90	0,26	3,10	98,82	0,026	144	36	6780077,67	280191,7	200-260
1D	P	56,93	13,34	4,67	1,70	0,09	2,17	4,93	1,28	1,59	0,95	0,27	11,55	99,47	0,029	850	36	6779026,63	280961,26	200-260
7C	P	51,97	14,47	6,50	0,35	0,05	3,34	2,87	1,14	0,73	1,04	0,32	16,33	99,09	0,154	160	33	6780077,67	280191,7	200-260
7D	P	50,01	14,81	6,47	0,36	0,04	3,38	3,59	1,10	0,29	1,07	0,33	16,80	98,25	0,007	185	40	6780077,67	280191,7	200-260
7CD	P	48,88	15,52	7,31	-0,10	0,06	3,19	3,21	1,03	0,29	1,12	0,33	17,94	98,89	0,066	160	34	6780077,67	280191,7	200-260
14B	P	51,48	14,13	6,66	0,44	0,05	3,32	3,55	1,17	0,31	1,02	0,30	16,52	98,93	0,062	204	40	6779884	280658	200-260
15A	P	56,58	13,85	4,96	1,52	0,09	2,60	3,74	1,99	1,63	0,99	0,29	10,75	98,99	0,088	175	29	6778940,4	280635,52	200-260
3CI	P	51,05	14,78	6,83	0,35	0,11	3,36	3,91	1,53	0,55	1,07	0,31	14,86	98,70	0,03	197	32	6780060,3	281377,02	200-260
14D	P	56,07	14,12	6,64	-0,10	0,24	2,15	2,39	1,10	3,62	1,00	0,29	11,72	99,34	0,018	472	37	6779884	280658	200-260
3B	DV	64,10	12,63	5,82	0,44	0,09	1,18	1,75	1,81	3,59	0,95	0,24	7,00	99,60	0,02	188	37	6780060,3	281377,02	200-260
9B	DV	67,70	12,65	5,34	0,70	0,06	0,66	2,03	2,58	4,91	0,91	0,28	2,03	99,85	0,044	127	36	6778965,59	279861,35	200-260
15C	DV	64,87	12,72	6,21	0,18	0,06	1,19	1,86	1,75	3,35	0,96	0,27	1,42	94,84	<0,003	118	37	6778940,4	280635,52	200-260
15F	DV	66,54	12,01	5,74	0,27	0,06	1,04	2,03	1,86	3,01	0,92	0,29	6,51	100,26	<0,003	169	38	6778940,4	280635,52	200-260
1G	DS	64,92	12,62	6,91		0,09	1,27	3,04	2,95	4,21	1,00	0,30	1,72	99,03		139	41	6779026,63	280961,26	200-260
1H	DS	65,25	12,91	6,75		0,06	0,81	2,43	2,92	3,96	1,02	0,31	2,53	98,96		149	51	6779026,63	280961,26	200-260
3E	DS	65,77	12,97	7,28		0,07	1,02	2,61	3,03	4,22	1,05	0,31	1,79	100,11		146	57	6780060,3	281377,02	200-260
5A	DS	65,48	12,71	6,82		0,07	1,29	3,00	3,03	4,20	1,03	0,31	1,61	99,54		145	38	6779026,63	280961,26	200-260
7E	DS	66,36	13,06	6,02		0,07	0,99	2,42	2,93	4,34	0,93	0,29	2,04	99,45		139	35	6780077,67	280191,7	200-260
7H	DS	66,65	13,16	6,51		0,07	0,72	2,37	2,74	4,80	0,94	0,29	1,57	99,82		137	40	6780077,67	280191,7	200-260
8A	DS	63,83	13,00	6,17		0,08	1,69	3,33	2,68	2,50	0,94	0,28	5,66	100,15		163	36	6780320,9	281799,52	200-260

Valores negativos indicam menos que o limite de detecção

Amostra	Rocha	SiO2	Al2O3	Fe2O3	FeO	MnO	MgO	CaO	Na2O	K2O	TiO2	P2O5	LOI	TOTAL	CO2	Sr	Y	N	E	Altimetria
		%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	ppm	ppm	UTM	UTM	metros
10B	DS	67,11	13,05	6,22		0,07	0,76	2,60	3,00	4,17	0,94	0,29	1,41	99,63		145	37	6781826,83	284887,96	200-260
10E	DS	67,66	12,85	6,23		0,09	0,86	2,65	2,86	4,05	0,91	0,30	1,63	100,10		134	40	6781826,83	284887,96	200-260
11B	DS	68,22	12,56	6,17		0,07	1,03	2,85	2,87	4,16	0,90	0,30	1,19	100,31		140	36	6781826,83	284887,96	200-260
13A	DS	64,39	12,85	7,00		0,07	0,84	2,52	3,06	4,06	1,03	0,32	1,97	98,10		147	38	6779899,08	280676,69	200-260
13B	DS	65,13	12,71	7,09		0,10	1,16	3,18	3,09	3,75	1,02	0,31	1,38	98,90		151	39	6779899,08	280676,69	200-260
15B	DS	64,98	12,94	6,73		0,09	1,27	3,11	3,08	3,98	1,04	0,31	1,67	99,19		151	50	6778940,4	280635,52	200-260
16A	DS	65,08	12,92	6,20		0,09	1,39	3,00	2,98	3,77	0,92	0,28	1,55	98,17		142	54	6788433,9	275807,84	200-260
17A	DS	65,86	13,00	6,25		0,09	1,09	3,06	3,00	3,85	0,92	0,29	1,30	98,72		151	45	6788433,9	275807,84	200-260
19A	DS	63,72	12,67	6,81		0,10	1,27	3,29	3,12	3,65	1,02	0,31	1,56	97,51		147	36	6779320,39	281017,81	200-260
19B	DS	64,81	12,78	7,01		0,11	1,35	3,65	3,06	3,53	1,03	0,33	1,79	99,44		145	39	6779320,39	281017,81	200-260
19C	DS	65,84	12,90	7,02		0,08	1,12	2,88	2,95	3,93	1,04	0,31	2,09	100,16		154	48	6779320,39	281017,81	200-260
19D	DS	55,66	12,73	13,87		0,18	3,19	7,10	2,62	1,91	1,60	0,30	0,80	99,95		167	42	6779320,39	281017,81	200-260
2G	DS	54,77	12,86	13,79		0,15	3,05	6,49	2,74	2,02	1,60	0,31	1,86	99,63		160	44	6778548,96	279658,35	200-260
25A	R1	51,25	14,31	12,47		0,14	4,20	8,57	3,28	1,74	1,13	0,17	2,49	99,74		230	26	6747607,05	285637,71	140-160
25B	R1	52,13	14,14	11,95		0,18	5,81	9,51	2,06	0,96	1,09	0,17	1,40	99,40		230	25	6747607,05	285637,71	140-160
25C	R1	52,09	13,66	12,64		0,18	5,12	8,92	2,38	0,87	1,31	0,19	3,41	100,76		223	28	6747607,05	285637,71	140-160
27A	R1	51,18	13,71	12,14		0,19	5,89	9,67	1,92	0,82	1,10	0,15	1,28	98,05		206	22	6739378,53	281855,09	120
27B	R1	49,07	14,57	9,98		0,14	6,16	8,72	2,08	1,45	1,01	0,17	6,15	99,49		310	23	6739378,53	281855,09	120
28A	R1	52,30	14,60	10,69		0,14	4,94	9,19	2,50	1,42	1,19	0,20	1,54	98,71		224	25	6739378,53	281855,09	120
28B	R1	51,28	13,64	10,95		0,16	4,94	7,76	2,50	2,24	1,23	0,19	4,28	99,18		419	27	6739378,53	281855,09	120
33B	R1	50,31	13,42	9,47		0,14	5,63	7,25	1,71	1,12	0,97	0,16	9,00	99,20		324	26	6733780,58	289238,13	180-200
33C	R1	53,01	13,81	12,02		0,17	4,74	8,65	2,14	1,07	1,25	0,20	1,97	99,03		245	32	6733780,58	289238,13	180-200
37A	R2B	50,89	14,26	12,92		0,15	3,55	7,27	2,50	3,00	1,35	0,20	2,39	98,49		197	32	6727875,62	322972,83	300
37B	R2B	52,64	13,68	12,32		0,18	4,99	8,88	2,50	1,03	1,30	0,18	1,43	99,14		215	27	6727875,62	322972,83	300
38A	R2B	53,73	12,04	14,16		0,16	3,11	7,06	1,72	1,62	1,78	0,21	3,91	99,49		312	31	6727875,62	322972,83	300
38C	R2B	54,24	12,48	14,52		0,17	3,07	7,19	2,30	1,46	1,80	0,22	2,43	99,89		235	34	6727875,62	322972,83	300
26H	R2B	51,58	13,52	12,50		0,17	5,07	8,81	2,36	0,88	1,29	0,19	1,92	98,30		220	27	6740982,36	281646,17	320-340
23B	R2B	52,88	14,26	11,60		0,16	5,31	9,49	2,15	0,73	1,02	0,14	2,43	100,17		324	24	6745148,29	285592,55	220-240
23D	R2B	50,08	13,71	11,67		0,15	5,38	8,34	1,88	0,92	1,00	0,13	5,84	99,09		354	21	6745148,29	285592,55	220-240
23F	R2B	51,62	11,91	10,06		0,11	3,81	8,35	1,43	1,59	0,86	0,12	9,63	99,50		698	20	6745148,29	285592,55	220-240
23N	R2B	50,16	15,00	11,46		0,14	5,38	9,39	2,30	0,53	1,08	0,15	4,49	100,07		231	30	6745148,29	285592,55	220-240
23H	R2B	52,42	14,20	11,80		0,17	5,73	9,49	2,31	0,97	1,02	0,13	1,12	99,36		207	22	6745148,29	285592,55	220-240
23A	R2A	65,85	12,71	7,26		0,13	1,23	3,31	3,14	3,53	1,03	0,31	1,07	99,55		152	43	6745148,29	285592,55	220-240
23I	R2A	63,98	12,65	7,03		0,10	1,56	3,60	2,95	2,77	1,02	0,31	3,32	99,29		173	41	6745148,29	285592,55	220-240
23K	R2A	64,23	13,11	6,15	0,78	0,06	1,22	2,08	2,43	4,51	1,06	0,30	4,53	100,46	0,026	169	48	6745148,29	285592,55	220-240
23J	R2A	66,43	12,27	6,74		0,10	1,05	2,57	2,71	4,69	1,00	0,30	1,48	99,35		131	42	6745148,29	285592,55	220-240

Valores negativos indicam menos que o limite de detecção

Amostra	Rocha	SiO2	Al2O3	Fe2O3	FeO	MnO	MgO	CaO	Na2O	K2O	TiO2	P2O5	LOI	TOTAL	CO2	Sr	Y	N	E	Altimetria
		%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	ppm	ppm	UTM	UTM	metros
23L	R2A	65,39	12,56	7,24		0,07	0,69	2,17	2,66	4,53	1,02	0,30	2,19	98,80		131	45	6745148,29	285592,55	220-240
21A	R2A	66,01	12,55	7,19		0,12	1,34	3,27	3,01	3,77	1,01	0,30	1,22	99,78		147	40	6749278,65	297157,93	260
22B	R2A	69,71	11,89	5,30		0,06	0,73	1,02	2,14	4,95	0,63	0,22	2,51	99,16		78	53	6747923,57	296424	300-320
26A	R2A	66,47	12,23	7,00		0,16	0,91	2,89	2,94	3,85	1,02	0,29	1,23	99,00		149	50	6740896,08	281963,29	320-340
26B	R2A	65,73	12,20	6,99		0,08	1,48	3,16	2,87	3,73	0,99	0,29	1,96	99,49		141	52	6740884,61	281704,68	320-340
26C	R2A	67,16	12,44	6,93		0,09	0,95	3,12	3,06	3,56	1,01	0,30	1,37	100,01		149	65	6740982,36	281646,17	320-340
26D	R2A	65,86	12,16	6,93		0,10	1,48	3,29	2,92	3,60	0,98	0,29	1,61	99,22		142	39	6740982,36	281646,17	320-340
26E	R2A	65,30	12,07	6,80		0,09	1,60	3,32	2,79	3,66	0,98	0,29	2,28	99,18		140	33	6741130,37	281495,02	320-340
26F1	R2A	65,60	12,32	6,99		0,08	1,09	2,91	2,91	3,72	1,00	0,31	1,66	98,60		145	41	6741079,95	281595,76	320-340
24C	R3	67,38	12,11	5,22		0,10	0,74	2,24	2,69	3,63	0,64	0,21	2,73	97,69		112	55	6742510,74	289474,14	440
24B	R3	71,77	11,85	5,16		0,06	0,36	1,85	2,62	4,55	0,64	0,21	0,82	99,89		94	51	6742510,74	289474,14	440
24A	R3	67,94	12,21	5,09		0,10	0,70	2,16	2,80	3,73	0,65	0,21	3,09	98,68		108	61	6742510,74	289474,14	440
34	R3	70,70	12,02	5,31		0,09	0,56	1,83	2,69	4,53	0,63	0,21	1,07	99,63		93	54	6743655,32	305402,43	500
34A	R3	68,37	12,07	5,19		0,06	0,71	1,61	2,50	4,64	0,62	0,21	2,13	98,11		92	47	6743655,32	305402,43	500
35B	R3	67,40	12,32	5,65		0,08	0,86	2,46	2,82	3,49	0,69	0,22	3,36	99,35		112	51	6729057,27	321360,29	500
35C	R3	69,88	12,13	5,49		0,06	0,19	1,51	2,57	4,74	0,69	0,22	1,29	98,78		93	47	6729057,27	321360,29	500
30A	R3	67,36	12,20	5,47		0,08	0,76	2,32	2,89	3,59	0,68	0,22	3,18	98,73		110	69	6739060,61	292274,36	400
30B	R3	69,14	11,98	5,57		0,04	0,34	0,65	1,63	5,63	0,69	0,20	2,62	98,48		110	80	6739060,61	292274,36	400
29	R3	68,23	12,17	5,18		0,09	0,61	2,17	2,94	3,70	0,65	0,21	2,75	98,70		102	59	6737408,02	289191,89	440
32A	Arenito	94,08	2,85	0,88		0,01	0,01	0,05	0,38	1,39	0,08	0,03	0,76	100,52		29	6	6736992,69	292541,48	260
21B	Arenito	91,25	3,63	1,23		0,01	0,12	0,19	0,90	1,44	0,07	0,04	0,47	99,35		59	5	6749278,65	297157,93	260
23G	Arenito	90,32	4,12	1,53		0,02	0,18	0,11	0,77	1,27	0,07	0,03	1,15	99,56		48	6	6745148,29	285592,55	220-240
15D	Arenito	88,54	4,65	1,48		0,11	0,46	0,63	0,76	1,19	0,16	0,07	2,63	100,69		181	12	6778940,4	280635,52	200-260
2C	Arenito	88,36	4,27	1,39		0,04	0,44	0,67	0,73	0,98	0,15	0,07	2,97	100,07		152	15	6778548,96	279658,35	200-260
26FII	Arenito	88,63	4,49	1,17		-0,01	0,17	0,09	0,70	1,47	0,07	0,03	1,48	98,31		45	5	6741079,95	281595,76	320-340
2D	Arenito	71,43	9,28	3,88		0,04	1,19	2,45	1,03	1,29	0,55	0,18	7,65	98,97		464	31	6778548,96	279658,35	200-260
14C	Arenito	74,82	8,31	3,63		0,16	1,37	1,02	0,57	2,47	0,43	0,12	6,10	98,99		168	36	6779884	280658	200-260
22A	Arenito	70,60	11,88	5,34		0,07	0,35	0,94	2,03	5,14	0,64	0,20	2,18	99,37		74	49	6747923,57	296424	300-320

Valores negativos indicam menos que o limite de detecção

Amostra	Rocha	Ba	Sc	Zr	V	Cr	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	As	Rb	Nb	Mo	Ag	Sn	Sb	Cs	Hf	Ta	N	E	Altimetria
		ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	UTM	UTM	metros
12P	DI	599	16	187	96	39	12,1	17	52	77	20	14	202,4	15	1,6	0,8	4	0,8	7,2	5	1,68	6783761,95	283135,92	140-200
12O	DI	585	16	192	99	26	12,1	-10	62	203	19	28	200	15	1,1	5,4	4	4,4	6,9	4,9	1,63	6783761,95	283135,92	140-200
12M	DI	555	19	228	104	25	14,6	-10	76	77	21	-5	223,6	15	1,4	-0,5	4	1,6	19,4	5,4	1,69	6783761,95	283135,92	140-200
12K	BI	340	36	160	410	29	41,1	26	171	120	22	-5	89,5	14	0,9	1,5	2	90,2	3,2	4,7	1,03	6783757,48	283225,32	140-200
12I	BI	305	37	157	416	33	42,7	27	212	519	22	17	109,9	15	2,4	21,9	2	4,6	3,1	4,5	1,03	6783757,48	283225,32	140-200
12G	BI	437	37	161	381	36	40,9	36	197	129	22	-5	97,9	14	1,3	0,6	3	101,4	3,1	4,8	1,05	6783757,48	283225,32	140-200
12E	BI	334	36	174	385	23	41	23	177	206	23	57	109,9	14	1	16,2	4	5	3,3	5	1,07	6783757,48	283225,32	140-200
12C	BI	345	36	159	433	33	41,3	28	1150	115	22	-5	104,8	14	2,1	0,6	2	0,3	3,1	4,4	1,02	6783757,48	283225,32	140-200
12A	BI	471	36	156	377	27	38,3	27	250	253	21	122	93,3	13	1	19,3	2	1,6	3,5	4,2	0,98	6783757,48	283225,32	140-200
4	DSV	517	16	215	83	44	11,9	75	64	61	19	-5	189,2	21	1,6	-0,5	5	1,9	8,8	6,2	1,68	6779884	280658	200-260
5D	DSV	518	17	221	87	20	11,7	-10	76	81	19	6	205,5	21	1,4	-0,5	5	0,4	9,4	6,2	1,71	6779026,63	280961,26	200-260
7A	DSV	510	17	221	87	42	12,2	69	64	76	20	-5	201,7	22	1,4	-0,5	5	0,4	8,8	6,2	1,67	6780077,67	280191,7	200-260
14A	DSV	520	17	216	83	25	11,9	-10	60	71	19	6	195,2	21	1,4	-0,5	5	0,4	9,6	6,1	1,64	6779884	280658	200-260
15E	DSV	515	17	225	87	16	11,8	-10	59	76	20	5	200,2	22	1,1	-0,5	5	0,3	9	6,4	1,71	6778940,4	280635,52	200-260
18A	DSV	506	17	221	87	18	12	-10	61	68	20	7	192,2	22	1,1	-0,5	5	0,4	8,7	6,3	1,69	6778940,4	280635,52	200-260
18B	DSV	500	17	226	89	19	12,2	-10	63	80	20	6	197,5	22	1,1	-0,5	5	0,2	9,4	6,4	1,71	6778940,4	280635,52	200-260
7G	DSVS	524	17	214	88	23	11,9	-10	62	72	20	-5	204	22	1,4	0,8	5	0,2	10,1	6,5	1,74	6780077,67	280191,7	200-260
1D	P	903	17	229	98	-10	10,6	-10	48	76	20	-5	71,8	22	-0,5	-0,5	5	0,3	6	6,4	1,71	6779026,63	280961,26	200-260
7C	P	433	19	261	85	-10	13,7	-10	68	103	22	-5	25,4	25	-0,5	-0,5	7	0,2	2,4	7,3	1,96	6780077,67	280191,7	200-260
7D	P	134	20	261	93	-10	13,1	21	70	102	24	7	22,7	26	-0,5	-0,5	6	0,2	3,4	7,7	2,04	6780077,67	280191,7	200-260
7CD	P	158	20	270	107	-10	12,4	-10	67	107	24	5	20,2	28	-0,5	2,1	6	10,6	2,6	8,1	2,18	6780077,67	280191,7	200-260
14B	P	202	19	247	85	16	12,6	-10	59	88	23	-5	20,8	25	0,6	0,6	5	0,3	2,2	7,1	1,93	6779884	280658	200-260
15A	P	370	18	241	105	20	16,2	28	76	97	22	-5	97,2	24	0,6	-0,5	5	0,4	6,8	7,2	1,91	6778940,4	280635,52	200-260
3CI	P	224	20	268	98	183	18,9	738	87	100	23	5	33	28	1,1	-0,5	6	0,4	4,1	8,3	2,17	6780060,3	281377,02	200-260
14D	P	998	18	258	100	-10	15,3	-10	82	282	23	22	88,7	24	6,5	-0,5	7	1,7	3,3	7,1	1,89	6779884	280658	200-260
3B	DV	589	16	231	94	21	10,4	-10	78	134	23	30	69,8	24	0,8	51,5	5	1,9	1,9	6,8	1,93	6780060,3	281377,02	200-260
9B	DV	541	17	219	125	30	13,1	-10	59	83	21	36	188	23	1,4	0,6	5	0,4	6,4	6,5	1,79	6778965,59	279861,35	200-260
15C	DV	580	17	226	70	13	8,7	-10	68	53	22	-5	65,6	23	0,7	-0,5	5	0,2	1,4	6,5	1,81	6778940,4	280635,52	200-260
15F	DV	576	15	228	79	18	9	-10	52	94	21	-5	58,3	22	0,5	-0,5	5	0,1	2,1	6,2	1,73	6778940,4	280635,52	200-260
1G	DS	567	18	230	98	22	13,7	-10	192	76	19	-5	204,3	22	1,8	-0,5	4	0,5	8,9	6,5	1,64	6779026,63	280961,26	200-260
1H	DS	615	18	235	109	28	11,4	10	337	86	20	-5	178,1	22	2,2	-0,5	4	0,3	10,8	6,6	1,7	6779026,63	280961,26	200-260
3E	DS	596	19	237	101	19	12,9	-10	161	84	20	-5	187	22	1,6	-0,5	4	8,1	6,4	6,5	1,7	6780060,3	281377,02	200-260
5A	DS	540	18	234	100	23	13,8	13	121	71	19	-5	201	58	1,7	-0,5	5	1,4	8,3	6,4	1,7	6779026,63	280961,26	200-260
7E	DS	574	17	233	89	20	10,5	-10	261	71	20	-5	205,9	24	2,1	-0,5	5	6,4	8,3	6,6	1,81	6780077,67	280191,7	200-260
7H	DS	584	18	228	97	37	11,6	13	74	72	20	11	188,7	19	2,1	-0,5	5	0,8	6,1	6,1	1,74	6780077,67	280191,7	200-260
8A	DS	454	17	232	97	25	11,6	-10	176	87	20	5	180	23	1,6	-0,5	5	0,6	8,9	6,6	1,81	6780320,9	281799,52	200-260

Valores negativos indicam menos que o limite de detecção

Amostra	Rocha	Ba	Sc	Zr	V	Cr	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	As	Rb	Nb	Mo	Ag	Sn	Sb	Cs	Hf	Ta	N	E	Altimetria
		ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	UTM	UTM	metros
10B	DS	568	17	234	83	12	10,3	-10	287	81	20	-5	176,4	23	1,5	-0,5	5	0,5	7,2	6,6	1,85	6781826,83	284887,96	200-260
10E	DS	578	17	230	81	22	11,9	-10	145	74	20	19	176,5	22	1,4	-0,5	6	0,7	8,3	6,6	1,8	6781826,83	284887,96	200-260
11B	DS	573	17	226	90	39	13,5	-10	91	117	18	5	168,9	21	1,6	-0,5	5	0,5	7,8	6,2	1,64	6781826,83	284887,96	200-260
13A	DS	595	18	205	104	32	13,2	-10	70	89	21	-5	215,2	16	1,7	-0,5	4	0,5	8,8	5,6	1,75	6779899,08	280676,69	200-260
13B	DS	589	18	208	100	23	13,9	-10	64	200	20	15	164,7	16	1,3	13,9	4	30,7	7	5,3	1,63	6779899,08	280676,69	200-260
15B	DS	584	19	212	97	23	14,4	-10	62	84	20	-5	190,2	16	1,3	-0,5	4	1,1	10,1	5,4	1,67	6778940,4	280635,52	200-260
16A	DS	646	17	204	87	19	15,3	-10	51	93	20	-5	169,3	15	1,3	0,8	4	135,9	6,7	5	1,65	6788433,9	275807,84	200-260
17A	DS	665	18	217	82	23	11,8	-10	63	69	19	-5	163,9	16	1,1	-0,5	4	0,9	7,1	5,5	1,67	6788433,9	275807,84	200-260
19A	DS	552	18	212	100	20	14,2	-10	67	89	20	-5	170,5	17	1,1	-0,5	4	198,4	7,8	5,6	1,7	6779320,39	281017,81	200-260
19B	DS	537	18	222	93	25	13,1	16	64	78	19	-5	144,8	15	1	-0,5	4	0,6	7,6	5,4	1,58	6779320,39	281017,81	200-260
19C	DS	618	18	226	106	23	12,6	-10	65	104	20	6	174,9	19	1,3	-0,5	4	1,5	11,1	6,1	1,67	6779320,39	281017,81	200-260
19D	DS	356	36	161	367	31	38,2	21	145	104	20	-5	80,2	14	0,8	-0,5	2	0,8	3,1	4,4	0,95	6779320,39	281017,81	200-260
2G	DS	344	37	178	374	22	35,6	20	156	109	21	-5	88,7	15	1,4	-0,5	2	0,4	6,3	4,9	1,06	6778548,96	279658,35	200-260
25A	R1	472	40	127	292	54	44,6	47	110	104	22	14	47,9	10	2,3	0,6	1	0,4	0,7	3,6	0,6	6747607,05	285637,71	140-160
25B	R1	360	38	124	298	51	46,2	49	100	178	20	12	23,5	10	-0,5	3,1	1	75,8	1	3,5	0,58	6747607,05	285637,71	140-160
25C	R1	272	35	126	318	52	44,4	75	110	295	20	20	71,3	11	-0,5	27,2	2	7,8	1,2	3,7	0,64	6747607,05	285637,71	140-160
27A	R1	261	41	97	365	49	50,4	61	149	264	20	18	28,1	8	0,6	0,7	2	1,2	1	2,9	0,52	6739378,53	281855,09	120
27B	R1	465	34	120	241	202	41,5	113	99	99	20	6	53,4	9	-0,5	0,9	1	10,1	1,7	3,5	0,59	6739378,53	281855,09	120
28A	R1	359	34	137	265	234	39,8	654	102	91	20	12	49,2	11	1	20,2	-1	15,5	1,1	3,8	0,64	6739378,53	281855,09	120
28B	R1	412	34	137	279	141	42	77	110	112	20	6	75,8	11	0,8	1,5	1	0,7	0,9	3,9	0,66	6739378,53	281855,09	120
33B	R1	281	31	117	242	183	39,3	126	98	82	19	8	34,9	9	1,5	-0,5	-1	0,4	1,1	3,3	0,58	6733780,58	289238,13	180-200
33C	R1	389	35	161	326	46	44,8	40	100	110	22	27	57,9	13	1	-0,5	1	1,7	2,1	4,6	0,73	6733780,58	289238,13	180-200
37A	R2B	345	35	149	330	41	39,5	44	163	569	22	35	90,9	13	0,7	1	2	1,9	1,1	4,4	0,75	6727875,62	322972,83	300
37B	R2B	291	34	128	338	54	45,8	47	217	611	22	8	54,6	13	1	41,2	2	19	2,1	3,8	0,75	6727875,62	322972,83	300
38A	R2B	452	35	177	471	13	45,6	18	155	235	23	7	51,5	15	1,1	11,2	2	2,7	2,4	5,1	0,94	6727875,62	322972,83	300
38C	R2B	435	37	176	492	19	43,8	32	244	111	21	-5	100,7	15	1,2	-0,5	2	1,4	3,1	5	0,95	6727875,62	322972,83	300
26H	R2B	268	34	125	336	46	41	43	136	99	20	-5	53,5	12	0,8	0,7	2	0,5	2,8	3,6	0,71	6740982,36	281646,17	320-340
23B	R2B	252	40	97	282	26	46,3	36	98	2525	20	-5	28	8	-0,5	-0,5	2	7,2	0,6	2,8	0,5	6745148,29	285592,55	220-240
23D	R2B	216	38	102	259	24	47,1	38	66	105	21	8	43	9	1	0,9	-1	0,5	2,5	3	0,53	6745148,29	285592,55	220-240
23F	R2B	283	33	86	182	16	34,8	27	67	66	15	-5	64,1	7	-0,5	-0,5	-1	28,1	2,2	2,4	0,42	6745148,29	285592,55	220-240
23N	R2B	156	39	98	296	56	39,5	47	78	430	22	7	27,3	8	-0,5	6,2	1	2	1,8	2,8	0,5	6745148,29	285592,55	220-240
23H	R2B	194	37	90	296	69	44,4	51	120	318	20	33	37,2	7	-0,5	-0,5	2	1,5	1,9	2,5	0,45	6745148,29	285592,55	220-240
23A	R2A	599	18	223	102	30	14,9	-10	67	96	20	12	162,4	21	1,2	-0,5	4	0,7	7,8	6,2	1,69	6745148,29	285592,55	220-240
23I	R2A	606	18	229	97	16	13,4	-10	69	86	20	-5	154,4	22	0,9	-0,5	4	219	6,8	6,3	1,66	6745148,29	285592,55	220-240
23K	R2A	605	18	236	104	15	12,4	-10	75	88	20	-5	132	22	0,9	-0,5	4	0,4	4,8	6,5	1,7	6745148,29	285592,55	220-240
23J	R2A	538	17	233	100	23	15,2	-10	64	85	21	-5	264	23	1,5	-0,5	4	0,3	12,9	6,9	1,75	6745148,29	285592,55	220-240

Valores negativos indicam menos que o limite de detecção

Amostra	Rocha	Ba	Sc	Zr	V	Cr	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	As	Rb	Nb	Mo	Ag	Sn	Sb	Cs	Hf	Ta	N	E	Altimetria
		ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	UTM	UTM	metros
23L	R2A	564	17	236	111	31	12,9	-10	71	82	22	6	218,9	23	1,7	-0,5	5	0,3	9,7	7	1,75	6745148,29	285592,55	220-240
21A	R2A	546	18	221	105	26	14,2	-10	62	342	20	-5	171,8	21	1,5	0,5	4	0,6	7	6,3	1,69	6749278,65	297157,93	260
22B	R2A	785	15	269	21	38	5,1	-10	20	62	19	6	222,9	21	1,7	-0,5	6	0,5	10,1	7	1,97	6747923,57	296424	300-320
26A	R2A	693	17	234	93	26	13,2	14	86	73	20	5	163,9	22	1,7	-0,5	4	0,1	7,2	6,7	1,74	6740896,08	281963,29	320-340
26B	R2A	604	17	229	93	39	14,8	37	77	748	21	5	164,8	22	1,7	7,4	5	79,8	7,1	6,5	1,68	6740884,61	281704,68	320-340
26C	R2A	593	18	229	95	24	13,9	11	67	96	21	15	159,6	22	7,7	0,8	4	1,1	7,6	6,6	1,72	6740982,36	281646,17	320-340
26D	R2A	543	17	225	92	32	15	-10	70	82	21	11	157,9	21	2	-0,5	4	0,6	7,7	6,5	1,7	6740982,36	281646,17	320-340
26E	R2A	529	17	228	93	337	16,5	638	81	93	20	5	160,3	21	3,8	47,2	4	14,5	7,6	6,5	1,62	6741130,37	281495,02	320-340
26F1	R2A	562	18	228	94	30	12,6	18	74	80	20	16	169,4	21	1,3	1,8	5	1,6	8,5	6,3	1,66	6741079,95	281595,76	320-340
24C	R3	642	15	291	18	17	5,7	-10	42	86	20	9	207,6	27	1,7	-0,5	8	1,3	12,5	8,1	2,17	6742510,74	289474,14	440
24B	R3	605	15	279	20	54	5,8	16	38	194	20	55	213,9	27	2,1	2,2	6	3,6	11,9	8,2	2,16	6742510,74	289474,14	440
24A	R3	654	15	294	18	21	5,2	-10	25	67	19	8	215,1	27	1,4	-0,5	6	8,4	12,1	8,2	2,09	6742510,74	289474,14	440
34	R3	669	15	298	18	35	5,8	19	72	342	20	10	211,5	27	2	1,5	6	0,9	9,8	8,4	2,2	6743655,32	305402,43	500
34A	R3	656	15	271	19	41	5,5	-10	24	80	20	-5	224,2	22	2,3	-0,5	6	0,6	10,7	7,2	2,13	6743655,32	305402,43	500
35B	R3	641	16	287	26	27	6,7	-10	82	71	20	8	221,3	27	2	-0,5	6	0,8	10,7	8,2	2,09	6729057,27	321360,29	500
35C	R3	692	15	284	46	38	4,9	-10	32	78	21	14	211,9	26	2,1	-0,5	6	0,7	8,6	8,3	2,21	6729057,27	321360,29	500
30A	R3	658	16	288	24	26	5,9	-10	222	83	19	8	230,2	26	2,2	-0,5	6	6,3	13,3	7,9	2,08	6739060,61	292274,36	400
30B	R3	948	16	264	77	29	5	-10	24	83	21	16	244,1	20	1,9	0,7	5	0,9	8,4	6,6	1,99	6739060,61	292274,36	400
29	R3	704	15	291	18	33	6,2	29	239	88	19	9	229,6	27	2,6	-0,5	6	0,9	12,2	8,3	2,14	6737408,02	289191,89	440
32A	Arenito	250	-1	87	9	50	1,1	-10	12	-10	3	-5	34	4	0,9	-0,5	-1	1	-0,5	2,5	0,28	6736992,69	292541,48	260
21B	Arenito	316	-1	57	10	79	1,6	-10	12	59	4	-5	41,5	2	1,8	-0,5	1	0,2	0,7	1,6	0,18	6749278,65	297157,93	260
23G	Arenito	274	3	35	15	84	2,2	18	15	-10	5	-5	38,5	2	1,8	-0,5	-1	0,3	0,9	0,9	0,16	6745148,29	285592,55	220-240
15D	Arenito	536	3	90	31	53	3,9	48	16	-10	6	-5	49,4	5	1,3	-0,5	-1	0,2	4,2	2,6	0,38	6778940,4	280635,52	200-260
2C	Arenito	343	2	70	19	54	2,4	-10	22	104	5	16	51,8	4	1,1	0,7	1	0,4	4,9	2	0,31	6778548,96	279658,35	200-260
26FII	Arenito	310	3	51	8	61	1,8	-10	-10	-10	5	-5	44,6	2	0,9	-0,5	-1	2,9	0,9	1,4	0,2	6741079,95	281595,76	320-340
2D	Arenito	747	10	165	54	31	5,8	11	52	30	12	9	79,2	18	7,4	-0,5	3	0,3	7,8	4,8	1,25	6778548,96	279658,35	200-260
14C	Arenito	630	8	97	59	41	7,7	34	73	44	13	10	152,2	12	0,6	1	6	0,2	16,8	2,7	0,78	6779884	280658	200-260
22A	Arenito	715	15	292	36	47	5,7	48	29	78	19	7	223,8	26	2	0,6	7	0,7	7,2	8,1	2,12	6747923,57	296424	300-320

Valores negativos indicam menos que o limite de detecção

Amostra	Rocha	W	Tl	Pb	Bi	U	Th	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	N	E	Altimetria
		ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	UTM	UTM
12P	DI	1,4	1,1	38	0,3	4	13,4	49,5	89,8	10,51	46,7	9,8	1,94	10,2	1,7	10,2	2	6	0,85	5,5	6783761,95	283135,92	140-200
12O	DI	1,3	1,1	104	0,3	4	13,5	42,5	84,1	8,83	38,2	7,7	1,55	7,4	1,2	6,5	1,3	3,9	0,54	3,5	6783761,95	283135,92	140-200
12M	DI	1,2	0,9	20	0,3	3,4	13,3	42,3	80	8,78	38,8	7,8	1,69	7,7	1,2	6,7	1,3	4	0,52	3,4	6783761,95	283135,92	140-200
12K	BI	1,8	0,5	8257	0,2	2,1	7,2	26,5	53,3	5,84	27,1	6,4	1,66	7	1,2	6,9	1,4	4,3	0,59	4	6783757,48	283225,32	140-200
12I	BI	23,3	0,4	283	-0,2	1,6	7,1	25,8	52,7	5,81	27,1	6,3	1,73	6,8	1,2	7,1	1,5	4,4	0,6	4,1	6783757,48	283225,32	140-200
12G	BI	1	0,4	39	-0,2	2,3	7,2	27,1	55,5	5,97	27,7	6,3	1,73	6,9	1,2	7	1,5	4,5	0,6	4	6783757,48	283225,32	140-200
12E	BI	1	0,5	10754	-0,2	1,6	7,5	27,4	55,7	6,12	28,6	6,5	1,78	7,1	1,2	7,2	1,5	4,5	0,62	4,2	6783757,48	283225,32	140-200
12C	BI	1	0,4	9	-0,2	1	6,6	26,4	53,6	5,88	27,1	6,2	1,73	6,8	1,2	7	1,4	4,3	0,6	4	6783757,48	283225,32	140-200
12A	BI	1,1	0,5	68	-0,2	1,4	6,6	26,2	52,5	5,79	27,1	6,1	1,71	6,6	1,2	6,9	1,4	4,4	0,59	3,9	6783757,48	283225,32	140-200
4	DSV	2,1	1,5	18	0,3	4,3	13,4	43,4	84,4	8,91	38,8	7,9	1,56	7,4	1,2	6,7	1,3	3,9	0,53	3,5	6779884	280658	200-260
5D	DSV	1,8	2,3	23	0,4	4,3	13,4	43,7	84,4	8,92	38,5	7,8	1,56	7,5	1,2	6,7	1,3	3,9	0,51	3,4	6779026,63	280961,26	200-260
7A	DSV	1,9	1,9	21	0,4	4,3	13,4	43,1	84,5	8,81	38,4	7,8	1,51	7,4	1,2	6,6	1,3	3,8	0,52	3,3	6780077,67	280191,7	200-260
14A	DSV	1,8	1,7	21	0,4	4,2	13,2	42,6	83,4	8,7	38,1	7,7	1,52	7,3	1,2	6,5	1,3	3,8	0,54	3,4	6779884	280658	200-260
15E	DSV	1,8	2,1	23	0,4	4,4	13,4	43,8	84,8	8,97	38,8	7,9	1,55	7,5	1,2	6,6	1,3	4	0,51	3,5	6778940,4	280635,52	200-260
18A	DSV	1,9	1,8	19	0,3	4,3	13,4	43,4	84,8	8,84	38,3	7,5	1,58	7,3	1,2	6,7	1,3	3,9	0,53	3,5	6778940,4	280635,52	200-260
18B	DSV	1,5	2,3	57	0,4	4,2	13,6	43,6	87,1	8,98	39	7,8	1,58	7,4	1,2	6,7	1,3	3,8	0,52	3,4	6778940,4	280635,52	200-260
7G	DSVS	2,2	1,8	31	0,4	4,4	13,8	45,1	86,6	9,09	39,7	7,9	1,56	7,5	1,2	6,9	1,3	4,1	0,55	3,5	6780077,67	280191,7	200-260
1D	P	1	-0,1	18	0,4	4,2	13,8	45,3	89,6	9,24	40,1	8,1	1,58	7,5	1,2	6,9	1,3	4	0,54	3,6	6779026,63	280961,26	200-260
7C	P	1,3	0,1	32	0,4	5,7	15,3	47,8	86,8	9,57	41,6	8,3	1,56	7,5	1,2	6,5	1,2	3,5	0,46	3	6780077,67	280191,7	200-260
7D	P	1,2	0,3	25	0,5	6,2	16,6	55,7	101,6	11,48	49,3	9,6	1,81	9	1,5	8,4	1,6	4,9	0,69	4,5	6780077,67	280191,7	200-260
7CD	P	1	0,2	32	0,4	5,8	17,3	42,8	79,2	9,24	40,9	8,5	1,74	7,6	1,3	7	1,4	4	0,55	3,6	6780077,67	280191,7	200-260
14B	P	1,5	0,1	22	0,3	4	15,5	48,4	88,4	10,04	43,9	9,1	1,75	8,3	1,4	7,6	1,5	4,5	0,62	3,9	6779884	280658	200-260
15A	P	1,2	1	34	0,4	4,4	15,3	37	76,7	7,85	35,2	7	1,65	6,7	1,1	6	1,2	3,4	0,46	3,1	6778940,4	280635,52	200-260
3CI	P	0,7	0,5	33	0,5	4	16,2	37,7	75,7	8,09	36,7	7,6	1,73	7,2	1,2	6,7	1,3	3,8	0,52	3,5	6780060,3	281377,02	200-260
14D	P	81,2	0,4	35	0,5	3,4	15,3	51,7	104,5	10,4	44,5	8,7	1,7	8,1	1,3	7,3	1,4	4,2	0,58	3,7	6779884	280658	200-260
3B	DV	1,3	0,7	13766	0,5	3,7	15,3	48,2	91,2	9,66	41,8	8,6	1,71	8,1	1,3	7,4	1,4	4,2	0,57	3,7	6780060,3	281377,02	200-260
9B	DV	1,8	1,1	27	0,4	5	14,1	47,8	86,8	9,47	41,1	8,2	1,64	7,3	1,2	7	1,4	4	0,57	3,6	6778965,59	279861,35	200-260
15C	DV	1,3	0,5	30	0,4	3,3	14,7	48	88	9,38	40,5	8,2	1,62	7,6	1,2	6,9	1,4	4	0,55	3,5	6778940,4	280635,52	200-260
15F	DV	1,9	0,9	30	0,4	3,6	13,9	46,3	79,1	9,02	38,1	7,4	1,6	7,2	1,2	6,7	1,3	4	0,54	3,4	6778940,4	280635,52	200-260
1G	DS	1,3	1	25	0,4	3,6	12,8	50,7	85,4	10,63	46,1	9,2	1,87	8,5	1,4	7,7	1,5	4,4	0,59	3,9	6779026,63	280961,26	200-260
1H	DS	1,5	1	21	0,5	4,3	13,2	49,6	80,6	11,85	55	11,6	2,49	10,6	1,7	9,7	1,8	5,4	0,72	4,8	6779026,63	280961,26	200-260
3E	DS	1,6	1	66	0,4	3,9	13	63,8	81	13,8	62,1	12,3	2,6	11,9	1,9	10,4	2	5,9	0,8	5,2	6780060,3	281377,02	200-260
5A	DS	2,2	1	24	0,4	3,8	12,8	43,1	82,6	8,85	38,8	8	1,68	7,5	1,2	7	1,4	4,1	0,57	3,9	6779026,63	280961,26	200-260
7E	DS	1,5	1,1	32	0,5	4,4	14,2	45,5	83,4	8,99	38,9	7,6	1,63	7	1,1	6,4	1,3	3,8	0,53	3,5	6780077,67	280191,7	200-260
7H	DS	2	1,4	22	0,4	4,7	13,9	48,1	86,4	9,71	42,3	8,5	1,7	8,4	1,3	7,2	1,5	4,3	0,57	3,8	6780077,67	280191,7	200-260
8A	DS	1,5	1,6	44	0,5	4,3	14,2	47,1	89,2	9,36	40,3	8,1	1,59	7,7	1,2	6,9	1,3	3,9	0,5	3,5	6780320,9	281799,52	200-260

Valores negativos indicam menos que o limite de detecção

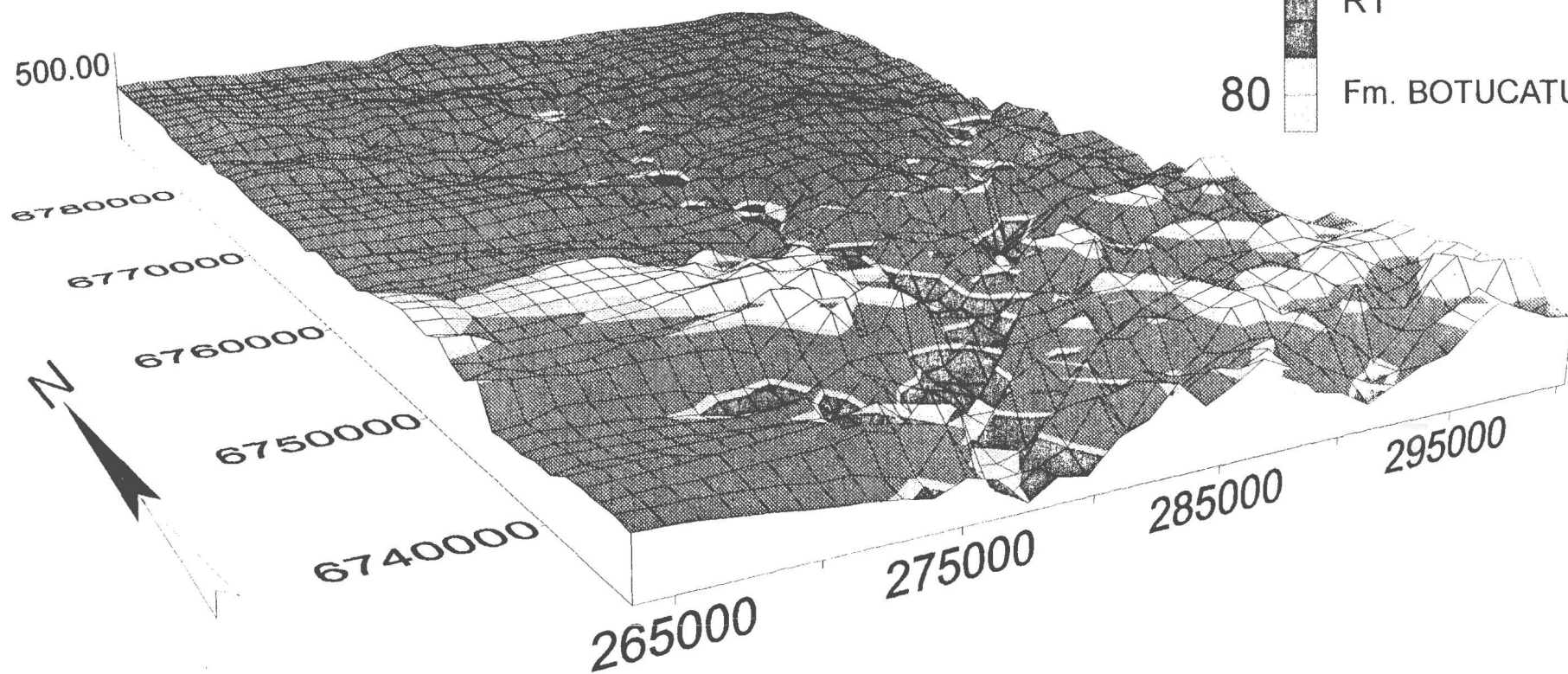
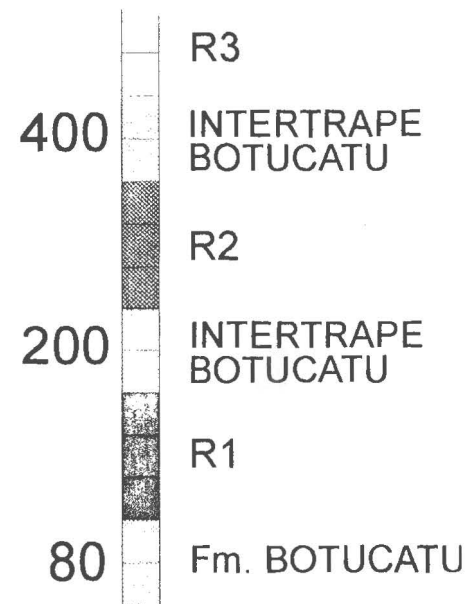
Amostra	Rocha	W	Tl	Pb	Bi	U	Th	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	N	E	Altimetria
		ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	UTM
10B	DS	2,4	0,9	29	0,6	3,6	14,2	45,1	85,4	9,11	39,3	8	1,61	7,6	1,2	6,8	1,4	4	0,54	3,5	6781826,83	284887,96	200-260
10E	DS	1,9	1,1	33	4,8	3,5	14	49,3	90,6	9,94	43,2	8,6	1,67	8,1	1,3	7,2	1,4	4,3	0,57	3,9	6781826,83	284887,96	200-260
11B	DS	2	1,1	468	0,3	3,9	13,1	41,2	80,1	8,43	36,6	7,4	1,51	6,8	1,1	6,3	1,2	3,7	0,51	3,5	6781826,83	284887,96	200-260
13A	DS	2	1	23	0,3	4,1	13,5	45,5	85,4	9,59	42,6	8,9	1,87	8,4	1,3	7,4	1,5	4,3	0,57	3,8	6779899,08	280676,69	200-260
13B	DS	1,9	0,9	2108	0,3	3,5	12,8	41,3	81	8,65	37,8	7,5	1,68	7,4	1,2	6,9	1,4	4,1	0,56	3,5	6779899,08	280676,69	200-260
15B	DS	1,1	0,9	25	0,3	3,6	13,2	51,1	81,8	9,98	44,3	9,1	1,99	9,5	1,5	8,3	1,7	5,1	0,67	4,6	6778940,4	280635,52	200-260
16A	DS	1,3	0,9	38	-0,2	4,6	13,8	48,3	93,8	9,84	43	8,8	1,72	8,9	1,5	8,8	1,8	5,6	0,77	4,9	6788433,9	275807,84	200-260
17A	DS	1,4	1	21	0,3	3,8	13,6	48,2	90,2	10,23	45,3	9,3	1,83	8,9	1,4	7,8	1,5	4,5	0,62	4	6788433,9	275807,84	200-260
19A	DS	1,1	0,9	640	0,3	3,3	13,2	42,8	84,5	8,93	39,3	8	1,7	7,7	1,2	6,8	1,3	4	0,54	3,5	6779320,39	281017,81	200-260
19B	DS	0,7	0,8	19	0,3	3	12,3	39,8	78,4	8,23	36,3	7,4	1,6	7,3	1,2	6,6	1,3	4,1	0,54	3,7	6779320,39	281017,81	200-260
19C	DS	0,7	0,9	32	-0,2	4,2	13	45	78,4	10,61	49,4	10,5	2,34	10,1	1,6	8,9	1,7	5,1	0,69	4,8	6779320,39	281017,81	200-260
19D	DS	-0,5	0,5	9	-0,2	1,7	6,4	24,5	49,5	5,39	25,2	5,9	1,56	6,6	1,1	7	1,5	4,6	0,63	4,2	6779320,39	281017,81	200-260
2G	DS	1,3	0,5	12	-0,2	2	7	30,8	52,4	7	33,2	7,7	2,02	8	1,3	7,8	1,6	4,7	0,64	4,3	6778548,96	279658,35	200-260
25A	R1	43,6	0,2	9	-0,2	0,9	5	22,5	44,7	4,84	22,2	4,7	1,32	5,1	0,8	4,7	1	2,8	0,39	2,6	6747607,05	285637,71	140-160
25B	R1	-0,5	0,1	42	-0,2	0,9	4,8	21,8	43,2	4,72	21,6	4,7	1,29	4,9	0,8	4,6	0,9	2,9	0,38	2,5	6747607,05	285637,71	140-160
25C	R1	0,8	0,3	2414	-0,2	1,2	5,3	29,5	49,3	5,83	26,7	5,5	1,55	5,9	1	5,5	1,1	3,3	0,44	2,9	6747607,05	285637,71	140-160
27A	R1	0,5	0,1	36	-0,2	0,8	4	17,4	34,5	3,9	18,3	4,1	1,18	4,3	0,7	4,3	0,9	2,5	0,37	2,4	6739378,53	281855,09	120
27B	R1	-0,5	0,2	11680	-0,2	0,8	4,3	19,4	39,9	4,31	19,8	4,3	1,22	4,5	0,8	4,3	0,9	2,6	0,35	2,5	6739378,53	281855,09	120
28A	R1	-0,5	0,2	26	-0,2	0,8	4,8	23	46,8	5,08	23,2	5,1	1,38	5,2	0,8	4,6	1	2,9	0,39	2,7	6739378,53	281855,09	120
28B	R1	-0,5	0,5	12	-0,2	0,9	4,9	23,9	47,8	5,16	24	5	1,36	5,3	0,8	5	1	3	0,41	2,7	6739378,53	281855,09	120
33B	R1	10,1	0,2	10	-0,2	0,7	4,2	20,4	39,7	4,4	20,4	4,4	1,21	4,7	0,8	4,3	0,9	2,7	0,34	2,3	6733780,58	289238,13	180-200
33C	R1	1,4	0,6	12	-0,2	1,1	6,5	31	57,3	6,55	30,3	6,2	1,64	6,6	1	5,9	1,2	3,5	0,49	3,3	6733780,58	289238,13	180-200
37A	R2B	0,7	0,6	45	-0,2	2,5	5,2	27,4	45,2	5,67	27,3	6,1	1,69	6,2	1	6,1	1,2	3,7	0,49	3,3	6727875,62	322972,83	300
37B	R2B	0,5	0,5	816	-0,2	1,2	5,1	22,1	44,6	4,86	22,4	5,1	1,47	5,3	0,9	5,3	1,1	3,2	0,41	2,8	6727875,62	322972,83	300
38A	R2B	-0,5	0,2	967	-0,2	1,6	7,7	31	63	6,76	30,9	6,6	1,7	6,6	1,1	6,3	1,2	3,7	0,5	3,3	6727875,62	322972,83	300
38C	R2B	0,8	1,1	34	0,3	1,6	7,8	30,8	61,9	6,72	30,3	6,6	1,69	6,5	1,1	6,2	1,2	3,6	0,5	3,4	6727875,62	322972,83	300
26H	R2B	0,7	0,7	11	-0,2	1,1	5	21,8	43,3	4,69	22	4,8	1,43	5,3	0,9	5,1	1	3	0,42	2,9	6740982,36	281646,17	320-340
23B	R2B	-0,5	0,6	260	-0,2	0,6	3,6	17,5	32,7	3,89	18,2	4	1,27	4,3	0,7	4,3	0,9	2,6	0,34	2,3	6745148,29	285592,55	220-240
23D	R2B	-0,5	0,4	10	-0,2	0,6	3,6	17,1	34,9	3,93	18,5	4,3	1,33	4,2	0,7	4,4	0,9	2,6	0,33	2,3	6745148,29	285592,55	220-240
23F	R2B	-0,5	0,3	7	-0,2	2,1	3,1	15,6	30,3	3,37	15,4	3,5	1,04	3,7	0,6	3,4	0,7	2,1	0,27	1,8	6745148,29	285592,55	220-240
23N	R2B	-0,5	0,1	85	-0,2	0,6	3,8	29,3	24,1	6,75	32,3	6,5	1,88	6,4	1	5,8	1,1	3,2	0,43	2,8	6745148,29	285592,55	220-240
23H	R2B	-0,5	0,1	13	-0,2	0,8	3,4	15,3	28,6	3,43	16,1	3,9	1,2	4	0,7	4,1	0,8	2,5	0,34	2,2	6745148,29	285592,55	220-240
23A	R2A	1,4	0,8	22	0,3	3,6	13,3	49,7	88,1	10,04	43,6	8,9	1,89	8,7	1,5	8	1,6	4,9	0,67	4,5	6745148,29	285592,55	220-240
23I	R2A	1,3	1,3	142	0,3	4,1	12,7	44,6	85,9	9,41	41,4	8,8	1,81	8,4	1,3	7,6	1,5	4,4	0,6	3,9	6745148,29	285592,55	220-240
23K	R2A	1,6	0,7	21	0,3	4,5	13	51,9	83,5	10,91	49	10	2,07	9,8	1,6	8,7	1,7	5	0,7	4,3	6745148,29	285592,55	220-240
23J	R2A	1,5	1,1	19	0,3	4,3	12,8	50	84,3	10,68	48,3	9,9	2	9,3	1,5	8,5	1,6	4,9	0,67	4,5	6745148,29	285592,55	220-240

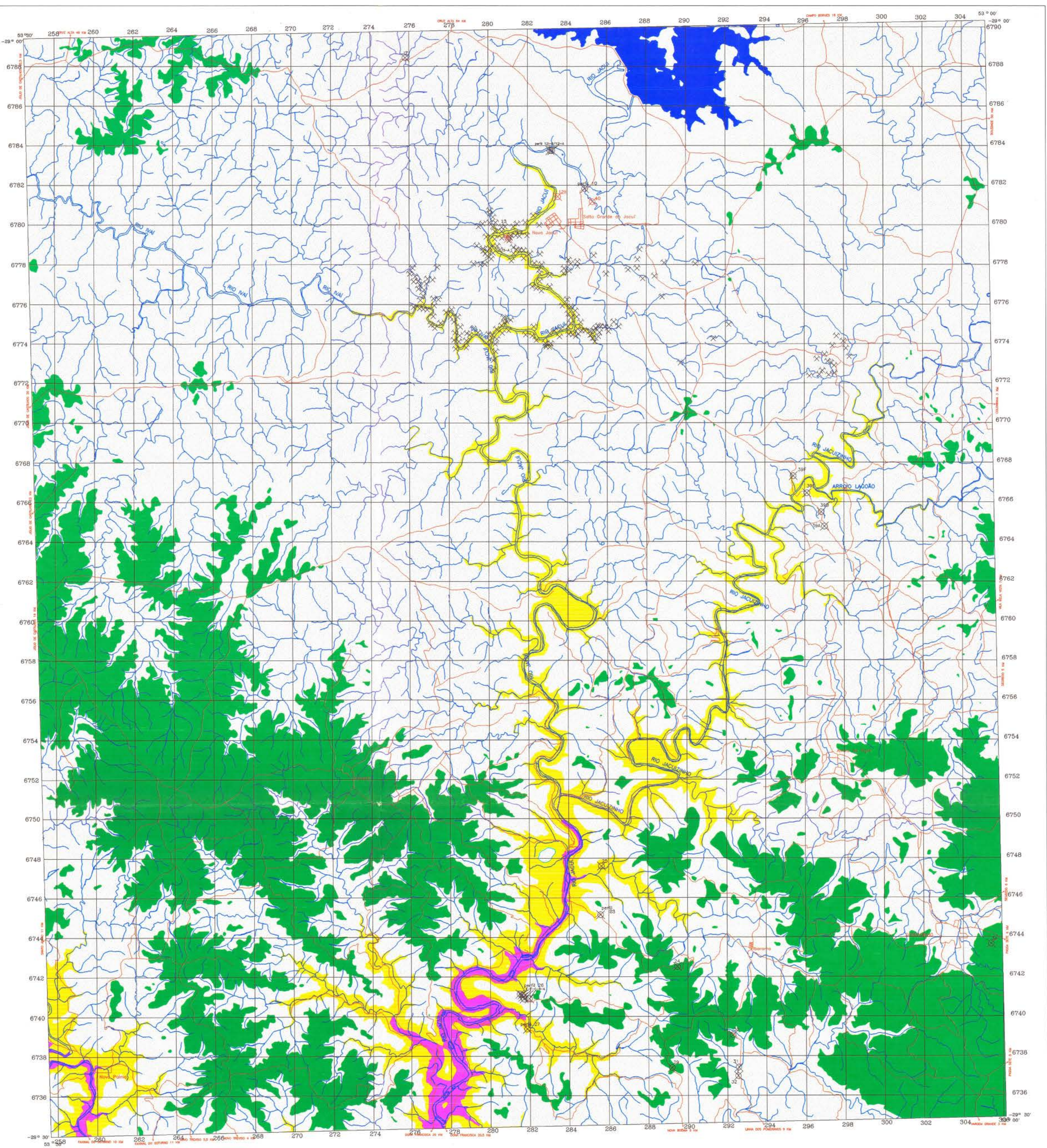
Valores negativos indicam menos que o limite de detecção

Amostra	Rocha	W	Tl	Pb	Bi	U	Th	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	N	E	Altimetria
		ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	UTM	UTM	metros
23L	R2A	1,9	1,1	20	0,3	4,6	13,2	53,7	85,9	11,99	53,1	11,1	2,25	10,2	1,7	9,2	1,8	5,2	0,7	4,7	6745148,29	285592,55	220-240
21A	R2A	1,3	0,9	22	0,3	3,9	13	43,6	85	9,23	40,9	8,5	1,74	8,3	1,3	7,5	1,5	4,5	0,61	4,1	6749278,65	297157,93	260
22B	R2A	3,8	0,9	24	-0,2	4,2	16,8	55,4	94,6	12,75	56	11,7	2,02	10,9	1,8	9,8	1,9	5,8	0,78	5,2	6747923,57	296424	300-320
26A	R2A	1,9	0,9	17	0,2	3,3	12,6	49,9	89,4	10,47	46,9	9,5	2,01	9,5	1,5	8,4	1,7	5,1	0,69	4,5	6740896,08	281963,29	320-340
26B	R2A	1,5	0,9	61	0,3	3,8	12,6	54,7	91,1	11,44	51,5	10,9	2,26	10,7	1,8	10,3	2,1	6,4	0,94	6,8	6740884,61	281704,68	320-340
26C	R2A	76,6	0,6	26	0,3	3,8	12,7	57,5	87,5	11,88	53,9	11,3	2,41	12,1	1,9	11,2	2,3	7,1	0,94	6,3	6740982,36	281646,17	320-340
26D	R2A	2,7	0,8	20	0,3	3,9	12,4	42,1	82,2	8,77	39,1	8	1,69	7,9	1,3	7,2	1,4	4,4	0,58	3,9	6740982,36	281646,17	320-340
26E	R2A	0,6	0,9	21	0,2	3,7	12,2	40,1	80,5	8,46	37,8	7,6	1,63	7,4	1,2	6,7	1,3	3,9	0,54	3,6	6741130,37	281495,02	320-340
26F1	R2A	0,7	0,9	25	0,2	4,2	12,4	43,4	77,8	8,74	39,1	8	1,72	8	1,3	7,2	1,4	4,3	0,61	3,9	6741079,95	281595,76	320-340
24C	R3	2,7	1,8	40	0,3	5,5	17,8	59	110	12,58	55	11,4	1,98	10,8	1,8	10,3	2	6,1	0,85	5,7	6742510,74	289474,14	440
24B	R3	2,6	1,3	59	0,3	5,8	17,4	54	105,5	11,09	47,6	9,9	1,78	9,8	1,6	9,3	1,9	5,7	0,79	5,1	6742510,74	289474,14	440
24A	R3	2,3	2,1	34	0,3	5,4	17,4	76,3	115,7	17,73	77,8	15,9	2,67	13,7	2,2	12,4	2,3	6,8	0,94	6,1	6742510,74	289474,14	440
34	R3	2,3	1,2	38	-0,2	4	18,8	57,5	112,4	11,82	51	10,2	1,84	10,4	1,8	10,1	2	6,2	0,88	5,8	6743655,32	305402,43	500
34A	R3	1,9	1,2	26	-0,2	4,7	18,3	53,1	104	10,92	47,1	9,4	1,71	9,2	1,5	8,6	1,7	5,4	0,74	4,9	6743655,32	305402,43	500
35B	R3	2,4	1,7	32	0,4	5,1	17,3	53,3	104,1	10,88	47,5	9,7	1,8	9,7	1,6	9,5	1,9	5,7	0,77	5,3	6729057,27	321360,29	500
35C	R3	2,5	1,6	27	0,4	5,5	17,4	54,2	103	11,36	49,4	9,9	1,86	9,9	1,6	9,2	1,9	5,5	0,77	5,1	6729057,27	321360,29	500
30A	R3	2,4	1,8	34	0,7	5,2	17,1	68,1	103,9	13,25	60,5	12,7	2,3	12,9	2,1	12	2,4	7,2	0,97	6,5	6739060,61	292274,36	400
30B	R3	3,2	1,4	30	0,3	5,1	17,3	94	130,4	21,15	96,6	18,8	3,37	18	2,8	15,3	2,9	8,5	1,1	7,2	6739060,61	292274,36	400
29	R3	3,6	2,1	35	0,9	5,4	17,6	68,4	112,3	14,36	62,1	12,6	2,33	11,7	1,9	10,9	2,1	6,3	0,89	5,8	6737408,02	289191,89	440
32A	Arenito	0,5	0,3	8	-0,2	0,5	1,4	12,1	16,4	2,41	10	1,9	0,44	1,7	0,3	1,4	0,3	0,8	0,1	0,6	6736992,69	292541,48	260
21B	Arenito	0,5	0,5	19	-0,2	0,6	1,8	6,5	12,7	1,4	6,2	1,1	0,31	1	0,2	1	0,2	0,6	0,08	0,6	6749278,65	297157,93	260
23G	Arenito	0,5	0,5	7	-0,2	0,6	1,9	6,3	14,1	1,55	6,8	1,4	0,35	1,2	0,2	1,1	0,2	0,6	0,08	0,6	6745148,29	285592,55	220-240
15D	Arenito	-0,5	1	9	-0,2	1,4	3,2	18	26,5	3,38	14,4	3	0,69	2,7	0,4	2,4	0,5	1,5	0,21	1,4	6778940,4	280635,52	200-260
2C	Arenito	0,8	0,3	38	-0,2	1,4	3	16,6	26	2,8	12,1	2,4	0,54	2,5	0,4	2,4	0,5	1,5	0,19	1,2	6778548,96	279658,35	200-260
26FII	Arenito	0,6	0,3	17	-0,2	0,7	2,4	7,3	18,5	1,63	7,2	1,4	0,34	1,2	0,2	1,1	0,2	0,7	0,09	0,6	6741079,95	281595,76	320-340
2D	Arenito	84,7	0,6	18	0,4	2,6	8,9	35,1	56	7,12	30,4	6,2	1,14	5,9	1	5,7	1,2	3,5	0,47	3,1	6778548,96	279658,35	200-260
14C	Arenito	0,6	0,8	15	0,4	3,5	6,8	34,4	83,1	6,27	27,5	5,5	1,03	5,7	0,9	5,3	1,1	3,4	0,46	2,8	6779884	280658	200-260
22A	Arenito	2,7	1,1	30	-0,2	5,5	17,6	55,6	104,2	11,66	50,6	10,5	1,85	10	1,7	9,6	1,9	5,8	0,78	5,2	6747923,57	296424	300-320

Valores negativos indicam menos que o limite de detecção

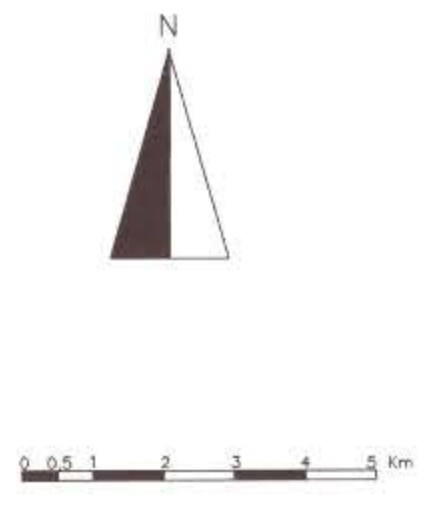
Modelo digital de elevação da região de Salto do Jacuí-Sobradinho. Os arenitos arcosianos da Fm. Botucatu e os grupos de derrames regionais intergranulares (R1), basaltos e dacitos glomeropórfiros (R2) e dacíticos (R3) da Formação Serra Geral são mostrados de acordo com o intervalo altimétrico em que estão posicionados





- Dacito holocristalino - R3
A partir da cota altimétrica de 400 metros
- Associação de basaltos e dacitos glomeropórfiros - R2
Intervalo altimétrico entre as cotas de 200 e 400 metros
- Basalto intergranular - R1
Intervalo altimétrico entre as cotas de 80 e 200 metros
- Fm. Botucatu - Arenitos arcósios de ambiente desértico
Abaixo da cota altimétrica de 80 metros

- Estradas
- Drenagem
- Garimpos
- Pedreiras
- Perfil



MAPA GEOLÓGICO

MAPA GEOLÓGICO DA REGIÃO
DE SALTO DO JACUÍ-SOBRADINHO

GEÓLOGO RESPONSÁVEL: ROBERTO HEEMANN

DATA: OUTUBRO/1997 ESCALA: GRÁFICA