

ELIZA DO BELÉM TRATZ

**AS ROCHAS VULCÂNICAS DA PROVÍNCIA
MAGMÁTICA DO PARANÁ, SUAS CARACTERÍSTICAS DE
RELEVO E SUA UTILIZAÇÃO COMO RECURSO MINERAL
NO MUNICÍPIO DE GUARAPUAVA-PR.**

Florianópolis
2009

Livros Grátis

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

**Universidade Federal de Santa Catarina
Centro de Filosofia e Ciências Humanas
Programa de Pós-graduação em Geografia**

Eliza do Belém Tratz

As Rochas Vulcânicas da Província Magmática do Paraná,
suas características de relevo e sua utilização como recurso mineral no
município de Guarapuava-PR.

Edison Ramos Tomazzoli

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Área de concentração: Utilização e conservação de recursos naturais. Linha de
pesquisa: Processos Geológicos e geomorfológicos.

Florianópolis, Outubro de 2009.

As Rochas Vulcânicas da Província Magmática do Paraná, suas características de relevo e sua utilização como recurso mineral no município de Guarapuava-PR.

Eliza do Belém Tratz

Coordenador (a): _____

Profa. Dra. Magaly Mendonça

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Geografia, área de concentração Utilização e Conservação de Recursos Naturais, do Centro de Filosofia e Ciências Humanas da Universidade Federal de Santa Catarina, em cumprimento aos requisitos necessários à obtenção do grau acadêmico de Mestre em Geografia.

Presidente: _____

Prof. Dr. Edison Ramos Tomazzoli (UFSC).

Membro: _____

Profa. Dra. Gisele Pietrobelli (UNICENTRO).

Membro: _____

Prof. Dr. Juan Antonio Altamirano Flores (UFSC).

Florianópolis, 27 de Outubro de 2009.

AGRADECIMENTOS

A Deus.

Ao Prof^o Dr. Edison Ramos Tomazzoli pela orientação, paciência, horas dedicadas em campo e em laboratório quais foram essenciais para a concretização deste trabalho.

A minha orientadora de graduação Dra. Gisele Pietrobelli que por meio de uma orientação segura e objetiva incentivou meus primeiros passos na pesquisa.

Ao professor Edemir Arioli pelas informações e material sobre a Geologia de Guarapuava.

Ao professor Mauricio Camargo Filho presente desde o início do projeto de mestrado.

Ao professor Adalto Gonçalves de Lima que através de seus trabalhos sobre descrição petrográfica me instigou a conhecer melhor os aspectos geológicos de Guarapuava.

A minha mãe, pelas intermináveis horas de apoio.

A CAPES, pelo período de vigência da Bolsa de Mestrado.

As minhas amigas, Luisa Nogueira Loch, Paula Mello, Cristiane Peres, Caroline Flach Ortman e Joseli Castro pelo conforto nos momentos em que estive longe da família e também pelas horas de descontração e alegria. Em especial, ao meu amigo Rodrigo Rocha Monteiro pelas intermináveis conversas e de trabalho. A Sonia Dinkhuysen pelas palavras amigas e também a Andreoara D. Schmidt pelo sucesso dos trabalhos em grupo.

E é claro, aos meus velhos e inseparáveis amigos de Guarapuava e todos que de alguma maneira ajudaram na concretização deste trabalho.

Eu dedico este trabalho a minha mãe como forma de agradecimento pelo grande apoio durante o tempo da pesquisa.

“Penso que só há um caminho para a ciência ou para a filosofia: encontrar um problema, ver a sua beleza e apaixonar-se por ele”. **Karl Popper**

RESUMO

O presente trabalho consiste em uma pesquisa sobre as rochas vulcânicas da Bacia do Paraná, suas características de relevo e utilização como recurso mineral no município de Guarapuava-PR. No município afloram rochas ácidas e básicas da Formação Serra Geral, sendo as unidades básicas caracterizadas em maior parte pelos derrames de basaltos maciços, seguido dos basaltos hipovítreos, Campo Ere, e derrames de estrutura lobada. No que tange às unidades ácidas aparecem os riolitos, dacitos, latitos e quartzo-latito do tipo Chapecó. Associada à geologia a geomorfologia de Guarapuava é caracterizada pelos platôs, os quais são sustentados principalmente pelas unidades ácidas do Tipo Chapecó com exceção do platô três pinheiros que é caracterizado por basaltos hipovítreos. Margeando estes platôs ocorrem áreas de planalto entalhadas pela drenagem, as quais caracterizam as áreas mais dissecadas do município. Essas áreas são caracterizadas por morros, morretes e colinas, dando aspecto ondulado ao terreno. Com base nestas e em outras características geológicas e geomorfológicas foi efetuado o mapeamento geológico do município em escala de 1:250.000. Além disso, foi objetivado também o estudo de viabilidade de aproveitamento de P (Fósforo) e K (Potássio), elementos encontrados principalmente nas unidades ácidas do tipo Chapecó, quais são enriquecidas com estes elementos. Ressalta-se que estes elementos são essenciais para o desenvolvimento vegetal e podem ser retirados das rochas por meio de inoculação de microorganismos previamente selecionados quais disponibilizam teores satisfatórios para a utilização agrícola, podendo até mesmo vir substituir os fertilizantes convencionais. Deste modo, este trabalho explica a relação das rochas vulcânicas encontradas no município com as características de relevo, bem como sugere o aproveitamento destas como recurso mineral.

ABSTRACT

This study is a survey of the volcanic rocks of the Paraná Basin, its topography and use as a mineral resource in Guarapuava-PR. In the city flourish acidic and basic rocks of the Serra Geral, the basic unit characterized largely by massive leakage of basalts, followed by basalts, Campo Erê, and spills lobe structure. With regard to the acid residues appear to rhyolites, dacites, quartz-latite and latites type Chapecó. Linked to the geology of Guarapuava geomorphology is characterized by plateaus, which are supported mainly by units of the acidic type Chapecó except plateau three pine trees that is characterized by basalts. Bordering these plateaus occur plateau areas carved by drainage, which characterize the more dissected areas of the city. These areas are characterized by hills, resembling the undulating terrain. Based on these and other geological and geomorphological was carried out geological mapping of the city on a scale of 1:250,000. Furthermore, it was also objectified the feasibility study for the recovery of P (phosphorus) and K (potassium), elements found primarily in plants like acidic Chapecó, which are enriched with these elements. It is emphasized that these elements are essential for plant growth and can be removed from the rocks by the inoculation of microorganisms previously selected which provide content suitable for agricultural use, and may even come to replace conventional fertilizers. Thus, this work explains the relationship of the volcanic rocks found in the county with the relief and suggests the use of these as mineral resource.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA 1- Localização espacial do município de Guarapuava.....	4
FIGURA 2- Histograma com distribuição dos tons de cinza nos intervalos de 0-255.	14
FIGURA 3- Pontos de controle utilizados para o georreferenciamento das imagens ASTER.	15
FIGURA 4- Composição Colorida realizada na imagem ASTER.	17
FIGURA 5- Imagem com ASTER com falsa cor - RGB-231.....	17
FIGURA 6- Imagem vermelha onde o valor de verde e azul é alterado para 0.....	19
FIGURA 7- Imagem azul ciano cujo valor de vermelho foi alterado para 0.....	19
FIGURA 8- Anaglifo.....	20
FIGURA 9- Sombreamento Az 45°.....	23
FIGURA 10- Sombreamento Az 135°.....	23
FIGURA 11- Sombreamento Az 225°.....	23
FIGURA 12- Sombreamento Az 315°.....	23
FIGURA 13- Ferramenta usada para pintar os contatos geológicos e geomorfológicos.....	25
FIGURA 14- Localização da Bacia do Paraná	30
FIGURA 15- Bacia do Paraná e Bacia Entendeka.	32
FIGURA 16- Alinhamento do Rio Piquiri e Uruguai.....	42
FIGURA 17- Lente de arenito, direção N40E.....	46
FIGURA 18- Formas de relevo relacionadas à sucessão de derrames	50
Foto:	50
FIGURA 19- Relevo e diferenciação de derrames.	50
FIGURA 20- Modelo Digital do Terreno.	55
FIGURA 21- Agrupamento das estruturas circulares.	57
FIGURA 22- Estrutura Circular localizada no Distrito de Entre Rios.	58
FIGURA 23- Estrutura circular delimitada na área de estudo.....	58
FIGURA 24- Feições de relevo Suavemente-ondulado a ondulado.....	61
FIGURA 25- Feições de relevo ondulado.....	61
FIGURA 26- Afluente do Rio Jordão encaixado em plano de falha. Padrão de drenagem em treliça.....	62
FIGURA 27- Cotovelo no Rio Jordão indicando falhamento.	62
FIGURA 28- Borda de patamar e canal encaixado em plano de falha.....	63
FIGURA 29- Platô de Guarapuava e Pinhão.....	65
FIGURA 30- Extensas áreas planas que configuram os platôs.....	67
FIGURA 31- Altos topográficos.	67
FIGURA 32- Basaltos maciços – BR-277.....	69
FIGURA 33- Disjunção colunar	69
FIGURA 34- Amostra de basalto hipovítreo apresentando óxidos de manganês.	70
FIGURA 35- Dique de arenito	70
FIGURA 36- Basalto hipovítreo equigranular.	70
FIGURA 37- Mineralogia das amígdalas.....	70
FIGURA 38- Salto São Francisco da Esperança.....	72
FIGURA 39- Contato entre a unidade JKSG 1, (UBI) com o Arenito Botucatu (AB) no Salto São Francisco.	72

FIGURA 40- Lavas <i>pahoehoe</i> em corda.	73
FIGURA 41- Camada de arenito sub-horizontalizada	73
FIGURA 42- Lobo de lavas <i>pahoehoe</i> do tipo (p) entrecortando os basaltos maciços. BR-277 sentido Curitiba.	75
FIGURA 43- Foto ampliada das lavas <i>pahoehoe</i>	75
FIGURA 44- Interação entre lava-sedimento, os peperitos.	76
FIGURA 45- Foto aproximada da interação entre lava-sedimento.	76
FIGURA 46- Quartzo-Latitito apresentando bandamento de fluxo.	79
FIGURA 47- Feições da mistura magmática entre basalto (porções escuras e rocha ácida (porções claras).	81
FIGURA 48- Zeolitas.	82
FIGURA 49- Contato entre brecha e filete de vidro vulcânico.	82
FIGURA 50- Bandeamentos associados à porção central da seção.	82
FIGURA 51- Feição de fluxo.	82
FIGURA 52- Topo da seção.	83
FIGURA 53- Denominação da morfologia dos clastos segundo Skilling et al (2002) (Peperito da área de estudo).	88
FIGURA 54- Contato visível entre as lavas basálticas e os sedimentos.	89
FIGURA 55- Fotomicrografia mostrando efeito <i>migling</i>	89
FIGURA 56- Amostra de brecha peperítica apresentando vesículas.	90
FIGURA 57- Foto ampliada da brecha onde são mostradas as vesículas.	90
FIGURA 58- Fotomicrografia mostrando amídala de carbonato no basalto.	91
FIGURA 59- Fotomicrografia mostrando vesícula (Ves).	91
FIGURA 60- Fotomicrografia mostrando detalhe de uma porção basáltica em forma de gota.	92
FIGURA 61- Fotomicrografia mostrando a estrutura da brecha peperítica.	92
FIGURA 62- Aspectos texturais e mineralógicos do arenito.	93
FIGURA 63- Fotomicrografia mostrando amídala de carbonato (Cb) no arenito.	93
FIGURA 64- Amídala de argilominerais verdes (Amd) inserida no arenito entre os clastos ígneos de basalto.	94
FIGURA 65- Fotomicrografia mostrando fragmento de siltito acamadado e dobrado por deformações penecontemporâneas cercado pelo arenito.	94
FIGURA 66- Fotomicrografia mostrando amídalas de opala.	95
FIGURA 67- Lineamento Piquiri – Imagem Landsat TM-234 - Região do Arco de Ponta Grossa.	97
FIGURA 68- Brecha de falha.	98
FIGURA 69- Bandamento característico dos dacitos.	98
FIGURA 70- Fotomicrografia mostrando cristais de apatita.	99
FIGURA 71- Fenocristais de plagioclásio.	99
FIGURA 72- Fotomicrografia mostrando textura pseudo-vitroclástica	99
FIGURA 73- Cristal de magnetita.	99
FIGURA 74- Aspectos da Brecha de falha da Fig. 68.	101
FIGURA 75- Detalhes da estrutura da brecha de falha da Fig. 68.	101
FIGURA 76- Textura do Riolito.	102
FIGURA 77- Cristais de apatita.	102
FIGURA 78- Corte em antiga pedreira – Riolitos da Praça da Fé.	102
FIGURA 79- Tênuo bandamento ígneo nos riolitos da Praça da Fé.	102
FIGURA 80- Fotomicrografia mostrando textura geral da amostra.	103
FIGURA 81- Fotomicrografia mostrando aspectos mineralógicos.	103

FIGURA 82- Basalto hipovítreo apresentando manchas de óxidos de Fe e amídalas de celadonita.....	104
FIGURA 83- Amídala de opala em basalto hipovítreo.....	104
FIGURA 84- Lavas tipo (p), em tubo.....	105
FIGURA 85- Contato entre o basalto tubular e basalto maciço.....	105
FIGURA 86- Diagramas de classificação química para as rochas ácidas/básicas de Guarapuava.....	108
FIGURA 87- Diagramas de variação (diagramas de Harker).....	109
FIGURA 88- Diagrama multielementar (<i>spidergram</i>).....	110
FIGURA 89- Diagrama multielementar (<i>spidergram</i>).....	111
FIGURA 89- (A) - Diagrama TiO_2 versus P_2O_5 para amostras de rochas ácidas tipo Chapecó.....	112
FIGURA 90- Diagrama Sr versus Ti/Y, com os campos Peate et al.....	115
FIGURA 91- Bancada pronta para o desmonte. Exploração do basalto.....	117
FIGURA 92- Pedras de cantaria. Exploração de quartzo-latitos.....	117
FIGURA 93- Corte de estrada para confecção de cascalho.....	117
FIGURA 94- Basalto tipo Pitanga, utilizado para a confecção do cascalho.....	117
FIGURA 95- Destinação das areias de britagem.....	118
FIGURA 96- Pontos de Mineração no Município de Guarapuava.....	118
FIGURA 97- Modelo do processamento na Pedreira Guarapuava-PR.....	122
FIGURA 98- Local de produção da areia de britagem.....	123
FIGURA 99- Depósito de lodo proveniente da decantação.....	123
FIGURA 100- Areia de britagem.....	125
FIGURA 101- Areia fluvial.....	125
FIGURA 102- Morfoscopia areias fluviais.....	125
FIGURA 103- Morfoscopia britagem.....	126
FIGURA 104- <i>Spidergram</i> com os teores de óxidos normalizados por amostra de dacito.....	128
FIGURA 105- Difratrograma de Raios -X indicando os aspectos mineralógicos de solos oriundos do Dacito -K.....	130
FIGURA 106- Difratrograma de Raios X indicando os aspectos mineralógicos de solos oriundos de basalto.....	130

LISTA DE TABELAS

TABELA 1- Densidades das rochas.....	10
TABELA 2- Densidade das rochas.....	11
TABELA 3- Características técnicas das bandas utilizadas no processo de ortoretificação das imagens	18
TABELA 4- Subdivisões das unidades básicas da Bacia do Paraná.	38
TABELA 5- Compartimentação do Terceiro Planalto Paranaense ou Planalto de Guarapuava.	52
TABELA 6- Classes de declividade e associação com as formas de relevo.....	54
TABELA 7- Localização e tamanho das estruturas circulares encontradas no município de Guarapuava.	56
TABELA 8- características dos platôs que compõe a unidade planalto.	64
TABELA 9- Parâmetros geoquímicos dos diversos tipos de basalto.....	113
TABELA 10- Laudo técnico de amostra de basalto vítreo.....	114

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1- Característica das unidades litológicas presentes no município de Guarapuava –PR.	5
QUADRO 2- Caracterização das litologias presentes em Guarapuava.	36
QUADRO 3- Características litoestratigráficas das rochas vulcânicas ácidas e básicas encontradas em Guarapuava.....	48
QUADRO 4- Percentual dos componentes da brecha de falha.....	100

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANBT - Associação Brasileira de Normas Técnicas.

AMD – Amídala.

ASTER – *Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer.*

ATi – Alto Teor de Titânio.

ATC- Rochas ácidas do Tipo Chapecó.

ATP- Rochas ácidas do Tipo Palmas.

AZ – Azimute.

BTi – Baixo Teor de Titânio.

CPRM- Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais.

GEOSOL – Geologia e Sondagens LTDA.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia Estatística.

LN – Luz natural polarizada.

M.a. Milhões de anos atrás.

MDT – Modelo Digital do Terreno.

MINEROPAR – Minerais do Paraná S.A.

PPM – Partes por Milhão.

SPOT-*Satellite Pour l'Observation de la Terre.*

UFPR- Universidade Federal do Paraná.

UFSC- Universidade Federal de Santa Catarina.

UNB – Universidade de Brasília.

3 D- Terceira dimensão.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	1
1. CARACTERIZAÇÃO FÍSICA DA ÁREA DE ESTUDO.....	4
1.1 ASPECTOS GEOLÓGICOS.....	4
1.2 ASPECTOS GEOMORFOLOGICOS.	6
1.3 SOLOS	6
1.4 CLIMA	7
2. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	8
2.1. ATIVIDADES DE CAMPO	8
2.2 ATIVIDADES DE LABORATÓRIO- PÓS CAMPO	8
2.2.1 Análise petrográfica:	9
2.2.2. Análises de densidade.....	10
2.3 Análises químicas	11
2.4 Difratometria de Raios X.....	12
2.4.1 Geoprocessamento das imagens Aster.....	12
2.4.3 Catalogação de pontos ou criação do arquivo de correspondência.	14
2.4.4 Referenciando os canais ou bandas.....	15
2.4.5 Composição colorida – falsa cor.....	16
2.5 VISUALIZAÇÃO DA IMAGEM ASTER EM TRÊS DIMENSÕES (3D) ATRAVÉS DO MÉTODO DO ANAGLIFO E CONFECÇÃO DO MODELO DIGITAL DO TERRENO-MDT.....	17
2.5.1 Composição colorida do par estereoscópico	18
2.5.2 Sobreposição das imagens – confecção do anaglifo.....	19
2.5.3 Elaboração do modelo digital do terreno (MDT).	20
2.5.4 Reconhecimento dos fotolineamentos através do sombreamento do MDT..	22
2.6 CONFECÇÃO DOS MAPAS GEOLÓGICO E GEOMORFOLÓGICO.....	24
2.6.1 confecção da carta geológica	24
2.6.2 Confecção da carta geomorfológica	26
3. REVISÃO TEÓRICA SOBRE O MUNICÍPIO DE GUARAPUAVA DENTRO DO CONTEXTO DA FORMAÇÃO SERRA GERAL DA BACIA DO PARANÁ.....	28
3.1 BACIA DO PARANÁ	30
3.1.1 A Bacia do Paraná-Entendeka.....	31

3.2 OS ESTÁGIOS EVOLUTIVOS DA BACIA DO PARANÁ	32
3.3 FORMAÇÃO SERRA GERAL	34
3.3.1 Unidades ácidas e básicas da Formação Serra Geral.....	34
3.3.2. Definição dos Membros Palmas e Chapecó	37
3.4.DETALHAMENTO GEOQUÍMICO DAS ROCHAS VULCÂNICAS ÁCIDAS E BÁSICAS DA BACIA DO PARANÁ	37
3.4.1 Os magmas básicos:	39
3.4.2 Os magmas ácidos:	40
3.4.3 Subdivisão da Bacia do Paraná – Áreas de ocorrência de rochas referentes à Formação Serra Geral.	40
3.5 ORIGEM DO VULCANISMO DA BACIA DO PARANÁ.....	42
4. AS ROCHAS VULCÂNICAS DA BACIA DO PARANÁ E SUAS CARACTERÍSTICAS DE RELEVO NO MUNICÍPIO DE GUARAPUAVA- PR.....	45
4.1 ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS DO MUNICÍPIO DE GUARAPUAVA	50
4.1.1 Aspectos da unidade do planalto dissecado.....	60
4.1.2 Aspectos da unidade planalto.....	63
4.2 ASPECTOS LITOLÓGICOS.....	67
4.2.1 Características das lavas básicas.....	67
4.2.2 Unidades ácidas	77
5. DETALHAMENTO PETROGRÁFICO E GEOQUÍMICO DO MUNICÍPIO DE GUARAPUAVA.....	86
5.1 BRECHAS PEPERÍTICAS.	87
5.1.1 Peperitos relacionados aos Basaltos Campo Êre.....	94
5.2 UNIDADES ÁCIDAS	96
5.2.1 Quartzo-Latito e Dacitos	97
5.2.2 Brecha de Falha	100
5.2.3 Dacitos/Riolito.....	101
5.3 UNIDADES BÁSICAS	103
5.3.1 Basaltos tabulares maciços.	103
5.3.2 Basaltos Lobados	105
5.3.4 Basaltos Campo Erê.....	106
5.4.1 Classificação Química das Rochas	107
6. EXPLORAÇÃO MINERAL NO MUNICÍPIO DE GUARAPUAVA.....	116
6.1 A UTILIZAÇÃO DAS ROCHAS COMO RECURSO MINERAL	116
6.2 A PRODUÇÃO DAS AREIAS DE BRITAGEM E O FILLER COMO REJEITO..	119
6.2.1 Afinal o que são as areias de britagem e como são produzidas?	120

6.2.2 Os aspectos econômicos da produção da areia de britagem	123
6.2.3 Os aspectos texturais das areias de britagem e das areias fluviais, uma comparação entre as areias fluviais e as areias de britagem.	123
6.2.4 O Aproveitamento de Fósforo e Potássio Advindo das Rochas Vulcânicas Presentes no Município.	126
CONCLUSÕES	134
REFERÊNCIAS.....	138
ANEXO	145
ANEXO 1- MAPA GEOLÓGICO.....	146
ANEXO 2- MAPA GEOMORFOLÓGICO	147
ANEXO 3- TABELA DE ANÁLISES QUÍMICAS DE TRABALHOS ANTERIORES SOBRE AS ROCHAS DO MUNICÍPIO DE GUARAPUAVA-PR.....	148
ANEXO 4- TABELA DE ANÁLISE QUÍMICA DOS LITOTIPOS ENCONTRADOS EM GUARAPUAVA.....	150
ANEXO 5- ANÁLISES MICROMORFOLÓGICAS DAS ROCHAS ANÁLISE PETROGRÁFICA	152

RESUMO

O presente trabalho consiste em uma pesquisa sobre as rochas vulcânicas da Bacia do Paraná, suas características de relevo e utilização como recurso mineral no município de Guarapuava-PR. No município afloram rochas ácidas e básicas da Formação Serra Geral, sendo as unidades básicas caracterizadas em maior parte pelos derrames de basaltos maciços, seguido dos basaltos hipovítreos, Campo Ere, e derrames de estrutura lobada. No que tange às unidades ácidas aparecem os riolitos, dacitos, latitos e quartzo-latito do tipo Chapecó. Associada à geologia a geomorfologia de Guarapuava é caracterizada pelos platôs, os quais são sustentados principalmente pelas unidades ácidas do Tipo Chapecó com exceção do platô três pinheiros que é caracterizado por basaltos hipovítreos. Margeando estes platôs ocorrem áreas de planalto entalhadas pela drenagem, as quais caracterizam as áreas mais dissecadas do município. Essas áreas são caracterizadas por morros, morretes e colinas, dando aspecto ondulado ao terreno. Com base nestas e em outras características geológicas e geomorfológicas foi efetuado o mapeamento geológico do município em escala de 1:250.000. Além disso, foi objetivado também o estudo de viabilidade de aproveitamento de P (Fósforo) e K (Potássio), elementos encontrados principalmente nas unidades ácidas do tipo Chapecó, quais são enriquecidas com estes elementos. Ressalta-se que estes elementos são essenciais para o desenvolvimento vegetal e podem ser retirados das rochas por meio de inoculação de microorganismos previamente selecionados quais disponibilizam teores satisfatórios para a utilização agrícola, podendo até mesmo vir substituir os fertilizantes convencionais. Deste modo, este trabalho explica a relação das rochas vulcânicas encontradas no município com as características de relevo, bem como sugere o aproveitamento destas como recurso mineral.

ABSTRACT

This study is a survey of the volcanic rocks of the Paraná Basin, its topography and use as a mineral resource in Guarapuava-PR. In the city flourish acidic and basic rocks of the Serra Geral, the basic unit characterized largely by massive leakage of basalts, followed by basalts, Campo Erê, and spills lobe structure. With regard to the acid residues appear to rhyolites, dacites, quartz-latite and latites type Chapecó. Linked to the geology of Guarapuava geomorphology is characterized by plateaus, which are supported mainly by units of the acidic type Chapecó except plateau three pine trees that is characterized by basalts. Bordering these plateaus occur plateau areas carved by drainage, which characterize the more dissected areas of the city. These areas are characterized by hills, resembling the undulating terrain. Based on these and other geological and geomorphological was carried out geological mapping of the city on a scale of 1:250,000. Furthermore, it was also objectified the feasibility study for the recovery of P (phosphorus) and K (potassium), elements found primarily in plants like acidic Chapecó, which are enriched with these elements. It is emphasized that these elements are essential for plant growth and can be removed from the rocks by the inoculation of microorganisms previously selected which provide content suitable for agricultural use, and may even come to replace conventional fertilizers. Thus, this work explains the relationship of the volcanic rocks found in the county with the relief and suggests the use of these as mineral resource.

INTRODUÇÃO

Os mesmos processos tectônicos que desencadearam a separação da América do Sul da África foram também responsáveis por uma das mais significativas manifestações vulcânicas do planeta Terra, a qual deu origem às rochas vulcânicas ácidas e básicas que hoje compõe a província magmática do Paraná.

O modelo de ascensão e extravasamento destas lavas é questionável, motivo de controvérsias, e diferente do que afirmava Leinz (1949), hoje é possível afirmar que os derrames não foram somente fissurais ou em forma de *sill*. Há processos mais complexos envolvidos quais respondem a diversidade química e estrutural dos magmas referentes à Formação Serra Geral.

Waichel em sua tese de doutoramento em 2006, explica que os mecanismos de ascensão e extravasamento destas lavas associam-se a complexos mecanismos, responsáveis por pequenas erupções a partir de fluxos inflados compostos e com características distintas dos derrames fissurais. A chave para esta reposta: as diferenças na estrutura dos derrames da região Sudoeste do Estado do Paraná. Seria então a estrutura destes derrames à chave para a reconstrução do edifício vulcânico Serra Geral? E as rochas ácidas, geradas em câmaras magmáticas distintas das unidades básicas?

Há relevantes estudos sobre tal diferenciação litológica encontrada dentro da área da Bacia do Paraná, dentre os quais se destacam a tese de doutorado de Nardy (1995), sobre a Geologia e Petrologia do vulcanismo mesozóico na região central da Bacia do Paraná, e Melfi et al (1988), no livro *The Mesozoic Flood Vulcanism of the Paraná Basin*, no qual são abordados vários temas relacionados ao tipo de vulcanismo ocorrido na Bacia do Paraná, diferenciações litológica, datações entre outros assuntos.

Sobre a diferenciação litológica, Carmichael (1964), Mildmost (1975) e Zubert (1979), apud Camargo Filho (1997), explicam que os derrames podem ser originados por diferentes processos magmáticos, como fusão parcial, cristalização fracionada ou mistura magmática. Segundo Nardy (1995), tais processos não são

fáceis de serem estudados, em vista dos eventos terem ocorrido, em média, há 133 milhões de anos, em moldes de cunho vulcanológicos bem distintos dos que ocorrem na atualidade

Fato é, que tais diferenciações na estrutura dos derrames refletem também na configuração da morfologia dos terrenos, sendo que mesmo em áreas onde há pouca expressão geomorfológica é possível observar as diferenças.

Neste sentido, o presente trabalho objetivou o estudo do arcabouço litoestratigráfico das rochas vulcânicas da Província Magmática da Bacia do Paraná dentro do município de Guarapuava-PR. A partir do detalhamento petrográfico e representação destas litologias em cartas de 1:250.000 procurou-se compreender a relação das diferentes rochas encontradas no município com as características do relevo, onde as unidades ácidas configuram importantes platôs margeados por áreas mais dissecadas aonde afloram as unidades básicas.

No município de Guarapuava às unidades ácidas dizem respeito aos dacitos, latitos, riolitos e quartzo-latitos do Tipo Chapecó enquanto que as unidades básicas compreendem os basaltos hipovítreos, tabulares maciços, lobados e Fácies Campo Êre. Ressalta-se que entre as unidades básicas há importantes diferenças que vão além do campo estrutural mineralógico e geoquímico, acabam por refletir também na configuração geomorfológica.

As diferenciações geoquímicas destas rochas instigaram também a investigação de possível aproveitamento destas rochas como insumo agrícola sobre tudo no que diz respeito aos teores de P (Fósforo) e K (potássio) encontrados com maior freqüência nas unidades ácidas.

Foi ressaltado também exploração das rochas encontradas no município pelas empresas de mineração para a produção de britas e areia de britagem. Procurou-se ainda alternativas no sentido do aproveitamento de rejeitos, caso do aproveitamento dos "finos", (material de granulação inferior a 0,075 mm) rejeitado pelas empresas produtoras de areia de britagem e que pode apresentar consideráveis valores de P e K para exploração.

Estudos recentes mostram que os finos rejeitados são causador, em potencial, de impactos ambientais, pelo assoreamento de drenagens, poluição do ar

e contaminação hídrica, gerada por produtos químicos utilizados no processo da separação da areia de britagem dos finos. Entretanto, quando a rocha explorada é ácida, os finos podem conter elevado teor em Potássio (K) e Fósforo (P), nutrientes essenciais para as plantas que, segundo estudos de Silva Filho et al (2004) podem ser disponibilizados para essas mediante prévio tratamento biológico.

Este trabalho, portanto visa esclarecer a relação entre as rochas vulcânicas da Província magmática do Paraná encontradas no município de Guarapuava-PR com a conformação do relevo, bem como o estudo dessas rochas como recurso mineral.

Em um primeiro momento quando é abordado o tema: o município de Guarapuava dentro do contexto da Formação Serra Geral da Bacia do Paraná é buscado através de uma discussão bibliográfica a origem destes derrames ocorridos durante o Cretáceo na Era Mesozóica bem como, há uma preocupação em mostrar a história evolutiva da Bacia do Paraná. Por fim é feita uma discussão sobre as diferenciações geoquímicas e mecanismos ascensão e extravasamento do material magmático.

Em um segundo momento é feita a partir do detalhamento petrográfico, das incursões a campo e da análise das cartas geológicas e geomorfológicas uma comparação entre as diferentes litologias e relevo, apresentando desta maneira, as características de relevo associada a cada litotipo. Esta etapa é denominada do estudo das rochas vulcânicas da bacia do Paraná e suas características de relevo no município de Guarapuava-PR

Também é feita a identificação das associações mineralógicas através da microscopia óptica e reconhecimento dos aspectos texturais das rochas encontradas no município e aspectos geoquímicos. Com isso, a identificação dos litotipos encontrados na área e até mesmo interpretação de ambientes onde ocorreram. Portanto, esta etapa do estudo consiste no detalhamento petrográfico do município de Guarapuava-PR. É feito também a caracterização petrográfica e litogeoquímica dos litotipos que compõe a área de estudo.

1. CARACTERIZAÇÃO FÍSICA DA ÁREA DE ESTUDO

1.1 ASPECTOS GEOLÓGICOS

O município de Guarapuava-PR, (Figura 1) assenta-se sobre rochas vulcânicas ácidas e básicas da Formação Serra Geral, deste modo, predominam localmente litotipos ácidos do tipo Chapecó, principalmente quartzo-latitos, riolacitos e riolitos. E no que tange as unidades básicas, basaltos tabulares maciços, basaltos hipovítreos e basaltos fácies campo Erê NARDY, (1995, 2001, 2008), ARIOLI et al (2008) WAICHEL (2005, 2006) MINEROPAR (2006, 2007).



FIGURA 1- Localização espacial do município de Guarapuava.

Fonte: Prefeitura Municipal de Guarapuava (2002).

Segundo o Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano de Guarapuava (1992), os basaltos ocorrem margeando o perímetro urbano na porção Sul e Sudeste. Na porção Leste, ocorre em uma estreita faixa ao longo da margem direita do rio Cascavel. A Sudeste da cidade os basaltos afloram em dois derrames com espessuras médias de 30 metros, formando a base da “serra” (escarpa) do Jordão. O quadro 01 mostra as diferenças entre os litotipos presentes no município de Guarapuava-PR.

QUADRO 1- Característica das unidades litológicas presentes no município de Guarapuava –PR.

Adaptado de Nardy (1995), por Eliza do Belém Tratz (2007).

UNIDADES	LITOTIPOS	TEOR SiO ₂	CARACTERÍSTICAS DOS LITOTIPOS	IDADE (M.a)
Chapecó	Dacitos, Riodacitos, Quartzo Latitos e Riolitos.	(63,24 ≤ SiO ₂ ≥ 66,88%).	Cinza esverdeada quando fresca, e castanho avermelhada quando alteradas. Fortemente porfíricas, com fenocristais de plagioclásio internamente fraturados o que dá à rocha a característica glomeroporfírica presença de quartzo e feldspato alcalino na matriz afanítica.	±133,4
Básicas	Basaltos de natureza	Basalto: (50,28 ≤ SiO ₂ ≥ 53,73%).	Coloração, cinza escura a negra, granulação muito fina a média, hipocristalinos, maciços, lobados ou vesiculares.	±132,2

Quanto à estrutura tectônica o destaque é para o alinhamento Piquiri que ocorre a N60°W dividindo a porção central da porção Norte da Bacia do Paraná. Há também importantes falhas que segmentam o bloco de Guarapuava a Leste e a Oeste, a falha Goioxim a N35°W e falha Inácio Martins 45°W. (ARIOLI et al, 2008; ROISEMBERG & VIEIRO, 2000).

Além destas, ocorrem falhas paralelas a W-E N 25° W e N 45°E as quais provocam o alinhamento de drenagens e elevações ao longo das estruturas apresentando ainda importantes segmentos de falhas que condicionam o sistema de drenagem de canais importantes como o Rio Jordão (PLANO DIRETOR DE DESENVOLVIMENTOS URBANOS DE GUARAPUAVA, 1992).

1.2 ASPECTOS GEOMORFOLOGICOS

Localizado no Terceiro Planalto paranaense, município apresenta morfologia marcada pelos blocos planálticos, planaltos de dissecação por drenagem e, por áreas altas e planas, os platôs de Guarapuava, Entre Rios e Três Pinheiros.

As formas de relevo são marcadas pelos platôs, colinas, morros e morretes, estes últimos relacionados aos blocos basálticos. A Leste do município a declividade é acentuada e associada ao cânion do Rio São Francisco, nesta área também ocorrem raras chapadas. A altitude no município fica em 1.120m e a declividade dos terrenos na maior parte varia de 8 a 20% nas áreas onduladas e 3% nas áreas planas (MAACK, 2002), (RIBEIRO 1989), (VOLKMER & FORTES 2003). Declividades maiores são raras, registradas na Bacia do Rio das Pedras onde a declividade apresenta variação de 20 a 45%, nas bordas no planalto (MÜLLER & POTT, 2004).

Amaral & Crosta (1983) afirmam que, as áreas topograficamente mais elevadas apresentam-se dessa forma devido à sua maior resistência à erosão. “Essa resistência se exprime através de um modelado plano no relevo”. Como nas áreas do platô de Guarapuava, sustentadas por rochas ácidas, mais ricas em SiO₂ por isso, mais resistentes à ação do intemperismo.

1.3 SOLOS

É representada pela predominância de latossolos brunos eutróficos e distróficos e alumínicos. Os latossolos brunos apresentam cores brunadas com matiz preferencialmente, da ordem, de 5YR. (EMBRAPA, 1999, MÜLLER & POTT, 2004 P.133).

Ainda ocorrem cambissolos, neossolos e nitossolos. Sendo que, os cambissolos caracterizam-se por apresentar horizonte b incipiente e grande percentual de minerais primários. Apresentam-se também argilosos e ricos em Fe. Os neossolos, relacionados às áreas de relevo fortemente ondulado também apresentam minerais primários e caracterizam-se por serem solos rasos e férteis. Relacionado aos altos topográficos ocorrem os nitossolos, conhecidos localmente

como terra roxa, são solos férteis, bem desenvolvidos e bastante argilosos no horizonte b, o que facilita as atividades agrícolas. Como são solos bastantes intemperizados não há presença de minerais primários (EMBRAPA, 1999, CUNHA & GUERRA, 2003, MÜLLER & POTT, 2004).

Em menor quantidade ocorrem cambissolos hálicos e eutróficos associados aos neo-solos flúvicos distróficos que compõe as planícies hidromórficas. (EMBRAPA, 1999).

1.4 CLIMA

O clima é caracterizado como mesotérmico, com temperaturas que variam entre 16 e 20°C, inverno frio com temperaturas mínimas já registradas de - 6,8°C. O verão é amenizado pelas altitudes com temperatura máxima de 36°C. A precipitação média anual do município está entre 1800 a 2000mm sendo bem distribuídas ao longo do ano (THOMAZ & VESTENA, 2003).

Maack (2002) afirma que Guarapuava pertence à Zona de Clima Quente – Temperado Subtropical. Sobre os invernos afirma que estes ocorrem frescos e até frios e verões com temperaturas amenas. Seguindo a classificação de Köppen, o clima é temperado propriamente dito, Cfb cujas temperaturas nos meses mais frios ficam abaixo de 18°e nos meses mais quentes a baix o de 22°C.

Maack (2002), Thomaz & Vestena, (2003), explicam que não há estação seca definida no município, e a pluviosidade mostra-se bem definida com médias mensais acima de 100 mm registradas nos meses de outubro e janeiro. Os meses mais secos são Julho e Agosto.

2. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

2.1. ATIVIDADES DE CAMPO

Foram realizadas incursões a campo afim da identificação dos principais afloramentos rochosos e reconhecimento da estrutura destes. Bem como para o reconhecimento dos aspectos da morfologia local.

Após prévio reconhecimento das unidades litológicas e morfológicas foram tomados os pontos de campo nos quais foram coletadas amostras e feita sua devida descrição em caderneta de campo. Ainda foram efetuadas medições de falhas e fraturas e coleta de amostras de rocha e solo.

Materiais utilizados:

- 1) GPS de navegação modelo GARMIM MAP;
- 2) Bússolas geológicas, modelos Clarke e Brunton;
- 3) Martelo Geológico;
- 4) Marreta;
- 5) Máquina fotográfica Sony 7.2 MP.

2.2 ATIVIDADES DE LABORATÓRIO- PÓS CAMPO

Essencias para a concretização deste trabalho as atividades em laboratório foram necessárias para a caracterização petrográfica, análises de densidade e microscopia óptica. Tarefas realizadas concomitantemente com o geoprocessamento que envolveu georreferenciamento de imagens, tratamento das imagens ASTER, confecção dos anaglífos, elaboração do modelo digital do terreno (MDT) e sombreamento de imagens. Atividades-chave para a confecção dos mapas geológico e geomorfológico.

2.2.1 Análise petrográfica.

A análise petrográfica é importante no sentido de fornecer dados sobre as características peculiares a cada unidade litológica. Deste modo, as amostras de rochas coletadas em campo foram primeiramente observadas em laboratório afim do reconhecimento textural (análise macroscópica). Além disso, 33 das amostras foram cortadas para a laminação, processo necessário para o reconhecimento dos minerais através de microscópio petrográfico (microscopia óptica).

Análise macroscópica:

Este tipo de análise visa o reconhecimento dos aspectos texturais da rocha, é realizado sem o auxílio de microscópio petrográfico, portanto, as amostras coletadas foram analisadas visando o reconhecimento de:

- 1) Cor
 - 2) Estrutura
 - a. Maciça;
 - b. Fluidal;
 - c. Vesicular/amigdalóide;
 - d. Fragmentaria, no caso de rochas piroclásticas.
-
- 1) Textura
 - a. Tamanho dos grãos;
 - b. Equigranular;
 - c. Pórfira;
 - d. Inequigranular;
 - e. Porfírica.

Microscopia ótica.

Com a ajuda de abrasivos estas foram desgastadas até atingirem 0,03 mm, espessura necessária para a análise em microscópio petrográfico. Feito o trabalho de laminação as amostras de rocha foram examinadas em microscópio petrográfico, marca Carl Zeiss, modelo Jenapol, para obtenção e descrição da sua composição mineral e textura/estrutura.

2.2.2. Análises de densidade.

Amostras de rocha foram submetidas a análise de densidade, tendo em vista que rochas ácidas apresentam densidade diferente das básicas, riolitos apresentam densidade de 2,4 g/cm³ a 2,6 g/cm³, enquanto que os basaltos apresentam de 2,8 a 3,0 g/cm³ (LE BAS M.J. et al, 1986). Este procedimento é bastante útil e rápido, pois permite de maneira rápida diferenciar rochas ácidas de básicas. A tabela X mostra as diferentes densidades das rochas.

TABELA 1- Densidades das rochas.

Fonte: Miranda et al apud Telford, 1990. Disponível em:
<http://www.cgul.ul.pt/docs/Cap4_Forma_da_Terra.pdf>. Acesso em: 22/12/2009.

Tipo	Densidade (SI * 10 ⁻³)	Valor Médio (SI * 10 ⁻³)
<i>Rochas Sedimentares</i>		
Aluviões	1.96 - 2.00	1.98
Argilas	1.63 - 2.60	2.21
Arenitos	1.61 - 2.76	2.35
Calcário	1.93 - 2.90	2.55
Dolomite	2.28 - 2.90	2.70
<i>Rochas Ígneas</i>		
Riolito	2.35 - 2.70	2.52
Granito	2.50 - 2.81	2.64
Andesito	2.40 - 2.80	2.61
Sienito	2.60 - 2.95	2.77
Basalto	2.70 - 3.30	2.99
Gabro	2.70 - 3.50	3.03
<i>Rochas Metamórficas</i>		
Xistos	2.39 - 2.90	2.64
Gneisse	2.59 - 3.00	2.80
Filitos	2.68 - 2.80	2.74
Granulito	2.52 - 2.73	2.65
Anfibolite	2.90 - 3.04	2.96
Eclogite	3.20 - 3.54	3.37

Na pesquisa para obtenção de tais valores em um primeiro momento foi obtido a massa e o volume das rochas, fez-se as razões com as mesmas (m/v) para obtenção da densidade.

As fórmulas utilizadas foram às seguintes:

Peso específico = $X \text{ g/cm}^3$

Densidade = $\frac{\text{Peso mínimo}}{\text{cm}^3} = X \text{ cm}^3$

Peso Específico H₂O $X \text{ g/cm}$

Na tabela 2, os resultados obtidos nas análises de densidade.

TABELA 2- Densidade das rochas.

Organização: Eliza do Belém Tratz

Número da Amostra	Densidade	Rocha	Análise Macroscópica em campo
1	2,86	Basalto	Riolito
2	2,93	Basalto	Intermediária
3	2,97	Basalto	Intermediária/ básica
4	2,9	Basalto	Básica
5	2,7	Intermediária	Basalto
6	2,6	Ácida	Basalto vesicular
7	2,9	Basalto	Basalto afanítico
8	2,8	Basalto	Basalto/ presença de dique de arenito
9	2,6	Ácida	Ácida
10	2,6	Ácida	Ácida
11	2,6	Ácida	Ácida
12	2,9	Basalto	Amostra da Pedreira Guarapuava
13	2,6	Ácida	Ácida
14	2,6	Ácida	Ácida
15	2,5	Arenito	Dique de arenito no basalto
16	2,5	Ácida	Ácida
17	2,5	Ácida	Ácida -(Latito).
18	2,9	Basalto	Basalto
19	3,0	Basalto	Basalto
20	2,9	Basalto	Basalto
21	2,9	Basalto	Basalto

2.3 Análises químicas.

Foram feitas análises químicas em três amostras de rocha (duas de dacito e uma de basalto), além de duas amostras de solo, com o objetivo de classificar quimicamente os litotipos e de avaliar a mobilidade geoquímica dos elementos nos solos que recobrem essas rochas. Os dados analíticos encontram-se no anexo 5.

As análises foram realizadas pela empresa Geosol Laboratórios Ltda. Os óxidos, expressos em porcentagem em peso, foram analisados por fluorescência de Raios X (preparados por fusão com tetraborato de lítio); os elementos menores, expressos em partes por milhão (ppm), foram dosados em ICP40B (preparados por digestão multiácida – ácido clorídrico, fluorídrico e nítrico e gotas de perclórico).

2.4 Difractometria de Raios X.

As análises de difratometria de Raios X foram realizadas visando a identificação de minerais fonte de K – potássio e P - fósforo em duas amostras de solo, sendo uma proveniente de solo oriundo de rochas ácida, dacito – K e outra de basalto.

Foram realizados no laboratório de Difractometria de Raios X pelo Instituto de Geociências da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) com base no método do pó e método orientado. Métodos eficientes para identificação de minerais, baseado na da estrutura cristalina. O primeiro método objetiva a identificação de minerais não argilosos contidos no solo enquanto que o segundo busca a identificação de argilo-minerais (SILVA, 2006).

2.4.1 Geoprocessamento das imagens Áster.

As imagens ASTER (*Advanced Spacebone Thermal Emission and Reflection Radiometer*), são obtidas do satélite EOS AM – 1, sendo que, o instrumento ASTER é o instrumento de mais alta resolução (pixels de 15 a 90 metros, dependendo do sensor da Terra).

As imagens obtidas pelo dispositivo ASTER possuem média resolução espacial e alta resolução espectral, radiométrica, radiômetro das imagens as quais são obtidas por meio de sensores distintos (VNIR - Infravermelho Próximo), (SWIR - Infravermelho médio), (TIR-infravermelho Térmico) permitindo desta maneira a obtenção de dados sobre: 1) radiações e reflexões espectrais da Terra, 2) temperatura da superfície e emissividade, 3) mapas digitais de elevação de imagens estéreo 3) mapas da vegetação e da composição da superfície, 4) conseqüências das nuvens, gelo do mar e gelo polar 4). Observação de desastres naturais (vulcões, etc), bem como dos aspectos morfológicos do terreno estudado (ENGESAT, 2009).

Estas imagens possuem 14 bandas e a separação se dá através de filtros de passagem. Ressalta-se que a banda de visada vertical, 3b, permite estereoscopia (PARMA, 2007 & ENGESAT, 2009). A possibilidade de estereoscopia aliada à obtenção de dados referentes à geologia e à geomorfologia motivou a escolha da imagem ASTER para este trabalho. No entanto, para a concretização do trabalho a imagem passou por tratamento descrito nas seguintes etapas:

2.4.2 Aumento de contraste da imagem ou *contrast stretch*.

A primeira etapa do processamento das imagens ASTER foi o melhoramento de contraste, atividade realizada para visualização das imagens. O programa utilizado nesta etapa foi o Idrisi Kilimajaro.

Crósta (1992), afirma que o aumento de contraste é uma importante técnica utilizada no processamento de imagens, essencial para extração de informação desta. Tendo em vista que as imagens advindas dos sensores possuem resolução radiométrica de 6 a 8 bits (256 tons de cinza) as quais são mal distribuídos na imagem, normalmente concentram-se em pequenas faixas, o que dificulta a extração de dados.

A concentração dos níveis de cinza ou *digital numbers* (DNs), em pequenos intervalos do 0-255 ocorre porque os sensores captam todos os valores de reflectância dos tipos de materiais naturais da superfície terrestre sob diferente concentração de iluminação, fato que faz com que “os objetos cinza-escuros não apareçam totalmente pretos e objetos claros não desapareçam devido a saturação do sensor”. Entretanto, raras vezes os objetos naturais da superfície terrestre apresentam estes dois extremos (CRÓSTA, 1992).

Importante lembrar que as condições atmosféricas podem influenciar na concentração dos (DNs) assim como, o desempenho do satélite no momento da captura da imagem. Além disso, o sistema visual humano reconhece 30 tons de cinza, quando bem distribuídos, ao intervalo de 0-255 sendo necessário o aumento de contraste da imagem ou *contrast stretch*. A figura 2 mostra a distribuição dos tons de cinza.

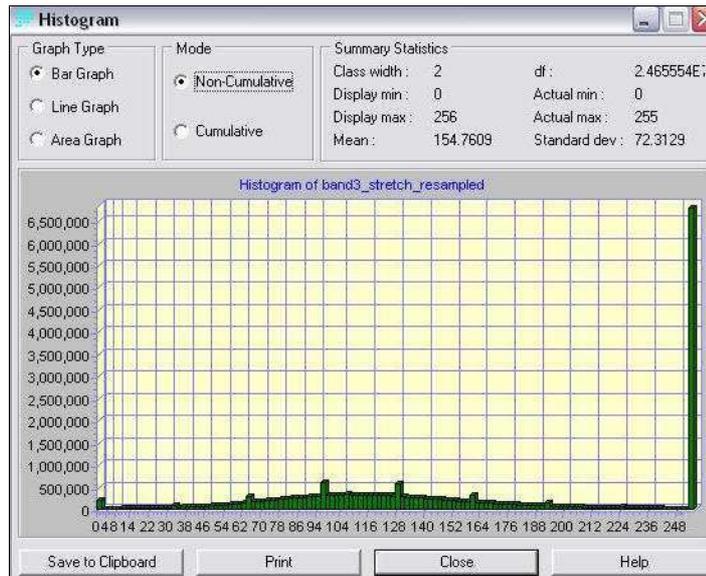


FIGURA 2- Histograma com distribuição dos tons de cinza nos intervalos de 0-255.

Fonte: Banco de dados mapeamento-geológico/geomorfológico.

2.4.3 Catalogação de pontos ou criação do arquivo de correspondência.

Após a catalogação de pontos foi realizado o georreferenciamento, pois imagens geradas por sensores remotos em geral, estão sujeitas a distorção espacial, o que coloca em xeque o posicionamento dos objetos na superfície e, como estas imagens muitas vezes são as principais fontes de informação em um trabalho, há grande necessidade de posicionamento correto em um plano cartográfico, de modo que permita a integração com outras fontes de informação como mapas, pontos de campo e imagens aéreas (CRÓSTA, 1992).

No caso, a imagem serviu de base para a elaboração dos elementos geológico e geomorfológico do município de Guarapuava-PR o que implicou na necessidade de geração de um *grid* X e Y com as coordenadas corretas, além de integração da imagem com cartas DSG em escala de 1:50.000 e 1:100.000.

Para o correto georreferenciamento da imagem foi efetuada a criação do arquivo de correspondência que consiste no reconhecimento de locais conhecidos na imagem, os quais possuem valor de X e Y também conhecidos.

No caso, tais pontos foram obtidos das ortoimagens sensor SPOT5, resolução 30 metros referentes às cartas topográficas: MI -2837-2 MI 2837-3 MI 2838-3, 2838-4, MI 2852, MI 2853-1 já georreferenciadas e pontos coletados em campo com o auxílio de GPS. Tais pontos poderiam ser obtidos ainda por meio do

auxílio de cartas topográficas da área de estudo ou ortofotoimagens. Deste modo foram selecionados os seguintes pontos de controle, (Figura 3).

```

C:\Documents and Settings\Etiza\Meus documentos\Mapeamento Geológico\Aster...
File Edit Tools Help
20
444684.000000 7176296.000000 444700.000000 7176250.000000
440621.000000 7162159.000000 440630.000000 7162070.000000
437204.000000 7155385.000000 437220.000000 7155320.000000
446925.000000 7191328.000000 446920.000000 7191340.000000
448355.000000 7192337.000000 448380.000000 7192360.000000
455993.000000 7190590.000000 456010.000000 7190630.000000
469628.000000 7193636.000000 469650.000000 7193740.000000
449260.000000 7197852.000000 449270.000000 7197890.000000
447890.000000 7203412.000000 447870.000000 7203420.000000
447284.000000 7205064.000000 447266.000000 7205110.000000
447629.000000 7205389.000000 447610.000000 7205420.000000
463750.000000 7195481.000000 463780.000000 7195580.000000
469588.000000 7193670.000000 469610.000000 7193790.000000
465061.000000 7184818.000000 465070.000000 7184880.000000
463912.000000 7184028.000000 463900.000000 7184110.000000
452821.000000 7203398.000000 452830.000000 7203490.000000
463761.000000 7195489.000000 463780.000000 7195580.000000
478258.000000 7197850.000000 478230.000000 7197980.000000
483957.000000 7201048.000000 483780.000000 7201270.000000
448502.000000 7202171.000000 448490.000000 7202190.000000

```

FIGURA 3- Pontos de controle utilizados para o georreferenciamento das imagens ASTER.

Fonte: Banco de dados mapeamento-geológico/geomorfológico.

2.4.4 Referenciando os canais ou bandas.

Pós catalogação de pontos de controle há necessidade de referenciar cada canal. Desta maneira, foi efetuada a seleção das bandas a referenciar, quais foram.

- *Band 1- stretch-RDC*
- *Band 2- stretch -RDC*
- *Band 3- stretch-RDC*

O georreferenciamento foi realizado com auxílio da ferramenta, *REFORMAT* em *Input imagem*. As imagens foram renomeadas no arquivo de saída de modo a mostrar que estas já estavam dispostas corretamente dentro de um plano cartográfico como:

- *Band 1- stretch- resampled/rst*
- *Band 2- stretch - resampled/rst*
- *Band 3- stretch- resampled/rst*

Ressalta-se que no processo de georreferenciamento de uma imagem os parâmetros da imagem de saída devem ser inseridos, sendo estes:

1. Número de colunas (*Number of columns*) e;

2. Número de linhas (***Number of rows***).

Para saber o número de linhas é necessário verificar as propriedades do arquivo de correspondência, que realiza o seguinte cálculo, o valor da *maximum Y coordinate* menos o valor do *minimum Y coordinate* dividido por 15 (o tamanho do *pixel* em metros).

O sistema de referência (***reference system***) utilizado corresponde a UTM S 22. Em metros, (*meters*) a unidade de distância (*reference units*) é 1.0. Faz-se necessário extrair os pontos de maior erro, deste modo os pontos 18 e 19 foram excluídos resultando em erro final de 20,81 metros, considerado tolerável para a escala de trabalho.

2.4.5 Composição colorida – falsa cor.

É o procedimento utilizado para distribuição de diversas nuances de cor nos níveis de cinza da imagem. A composição colorida, conhecida também como falsa cor é resultado do *overlay* de três bandas para a formação de uma.

Crósta (1992) sugere que devem ser testadas diferentes composições coloridas cuidando para que se alcance a composição espectral necessária. “Devem ser escolhidas cores que traduzam para o olho humano a informação”, à exemplo no satélite Landsat tem-se a composição 321 que equivale a composição colorida real. Tal composição deve ser escolhida de acordo com o objeto que se quer evidenciar.

Entretanto, o seguinte cuidado deve ser tomado na hora da criação da composição colorida

[...] Deve ser buscada uma alocação de cores que traduza para o olho humano a informação contida na imagem, embora a informação contida no triplete de bandas seja sempre a mesma, independente da alocação de cores, a diferença em percepção do nosso sistema visual faz com que diferentes composições coloridas das mesmas três bandas pareçam na prática conter diferentes informações [...] (CRÓSTA, 1992, p.63).

Este trabalho na hora da escolha da composição colorida sem dúvida poupa a perda ou o não aproveitamento de informações contidas na imagem.

Crosta (1992 p.63), ainda nos diz que “receitas não devem ser seguidas na criação da composição colorida de uma imagem”, sendo o teste das diversas composições indispensável, já que o olho humano é mais sensível à intensidade que a variação de cor.

No caso do presente trabalho foi utilizada a composição colorida RGB 231 (Figura 4) que evidencia principalmente os aspectos geomorfológicos. Deste modo a banda 1 recebeu a falsa cor azul, a banda 2 vermelho e, a banda 3 verde (Figura 5).

Os eixos de espaço de cores RGB são linhas de cores primárias puras que aumentam em intensidade com a distância da origem (CRÓSTA, 1992).

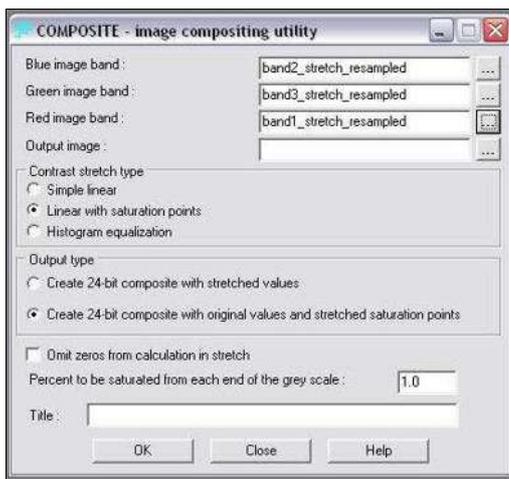


FIGURA 4- Composição Colorida realizada na imagem ASTER.

Fonte: Banco de dados mapeamento-geológico/geomorfológico.

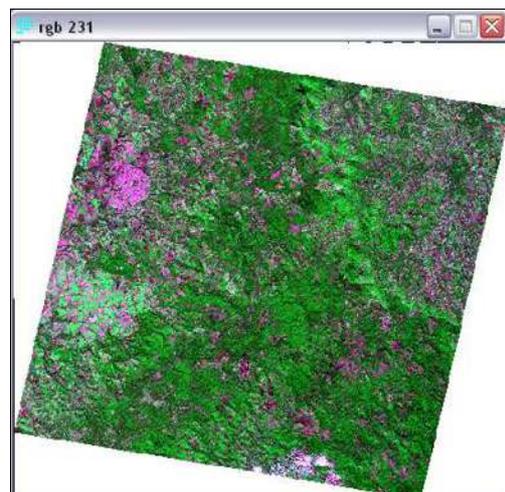


FIGURA 5- Imagem com ASTER com falsa cor - RGB-231.

Fonte: Banco de dados mapeamento-geológico/geomorfológico.

2.5 VISUALIZAÇÃO DA IMAGEM ASTER EM TRÊS DIMENSÕES (3D) ATRAVÉS DO MÉTODO DO ANAGLIFO E CONFECÇÃO DO MODELO DIGITAL DO TERRENO-MDT

Os anaglifos foram elaborados a fim de permitir a visualização em três dimensões 3D da área de estudo, subsidiando desta forma informações sobre as características morfológicas do terreno, importantes para a interpretação dos aspectos geológicos e geomorfológicos.

O método utilizado para a visualização em 3D foi do anaglifo o qual consiste na formação de uma imagem oriunda da justaposição (*overlay*) das imagens, que compõem o par estereoscópico. As imagens sobrepostas para a formação do anaglifo devem ser coloridas, uma na cor azul ciano e outra na cor vermelha. Após este processo com o auxílio de óculos apropriados, de lentes azul e vermelha a imagem pode ser visualizada em três dimensões (TOMAZZOLI, 2006).

[...] A interpretação de fotografias aéreas é uma poderosa fonte de dados para diversas áreas do conhecimento. Para estudos geológicos, geomorfológicos e ambientais, entre outros, as fotografias aéreas necessitam ser visualizadas em três dimensões (3D) para evidenciar o relevo [...] (TOMAZZOLI, 2006, p. 12).

Para a confecção dos anaglifos foram utilizadas imagens ASTER (*Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection*) as quais são passíveis de estereoscopia devido as três primeiras bandas de visada vertical (nadiral) e banda 3 com visada inclinada. Foram utilizadas as bandas 1, 2 e 3 as quais apresentam, as seguintes características técnicas: (Tabela 3).

TABELA 3- Características técnicas das bandas utilizadas no processo de ortoretificação das imagens

Adaptado de Parma (2007) por Eliza do Belém Tratz (2008).

RESOLUÇÃO	BANDAS NO NADIR	VISADA INCLINADA
15 m.	1 (0,53 -0,60 μ m)	3b (0,76- 0,86 μ m)
15 m.	2 (0,63-0,69 μ m)	
15 m.	3 (0,76- 0,86 μ m)	

2.5.1 Composição colorida do par estereoscópico.

Esta etapa do trabalho é realizada no programa Adobe Photoshop 7.0, onde o par estereoscópico é aberto (duas imagens). Ao abrir o arquivo as imagens são rotacionadas para que assumam a mesma posição. A saturação da imagem deve ser ajustada com valor superior a 60%. Tomazzoli (2006) afirma que é importante que as imagens apresentem-se visualmente iguais, em termos de grau de saturação, matiz, contraste e brilho. Após a realização destas tarefas a imagem direita deve ficar na cor azul ciano e esquerda na cor vermelha.

Imagem Azul Ciano

Para obtenção da imagem azul ciano foi atribuído valor 0 para o componente vermelho do espaço (RGB), o procedimento é assim descrito:

A imagem direita é ativada na ferramenta barra de títulos onde é acionado na respectiva ordem, **Image, adjustments e levels**, no **menu** principal, no vermelho (**red**), no campo **channel** onde o valor de **output levels** é alterado de 255 para 0 (Figura 6).

Imagem Vermelha

O procedimento realizado para obtenção da cor vermelha foi o mesmo utilizado na composição da imagem azul ciano, porém, neste caso os valores dos componentes verde (*green*) e azul (*blue*) são alterados na opção *channel* para 0 restando apenas a cor vermelha (*red*) (Figura 7).

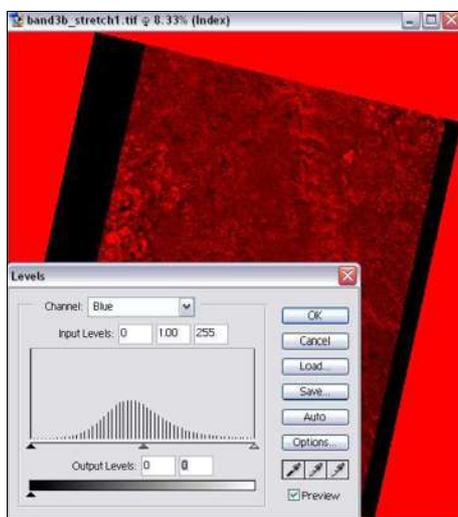


FIGURA 6- Imagem vermelha onde o valor de verde e azul é alterado para 0.

Fonte: Banco de dados mapeamento-geológico/geomorfológico.

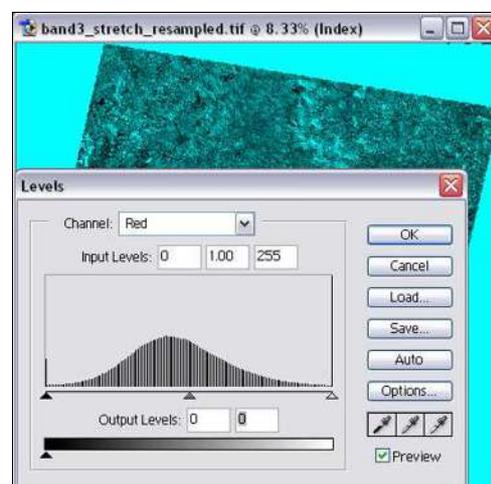


FIGURA 7- Imagem azul ciano cujo valor de vermelho foi alterado para 0.

Fonte: Banco de dados mapeamento-geológico/geomorfológico.

2.5.2 Sobreposição das imagens – confecção do anaglifo.

Após este procedimento, ambas as imagens (vermelha e azul ciano) são copiadas para outra janela maior no Adobe Photoshop 7.0. Em um segundo momento a ferramenta **layer** foi ativada de modo a oferecer recurso para a mistura das imagens, que se dá a partir do efeito transparente obtido em (**blending –mode–screen**) de uma das imagens no caso, a imagem vermelha.

Atividade realizada, a imagem vermelha deve ser rotacionada e movida sobre a imagem azul até o ponto de estereoscopia, que se dá a partir da

sobreposição de imagens iguais, quando dois objetos conhecidos são sobrepostos um sobre o outro. Com isso, o anaglifo está confeccionado (Figura 8).

Além deste anaglifo outro foi confeccionado considerando a composição colorida realizada anteriormente (RGB 231), os procedimentos realizados na confecção do anaglifo *color* RGB 231 foram os mesmos. Relevante mencionar que ao realizar este procedimento as imagens antes em *Geotiff* perdem o georreferenciamento, sendo necessário referenciá-las novamente no programa Idrisi Kilimanjaro.

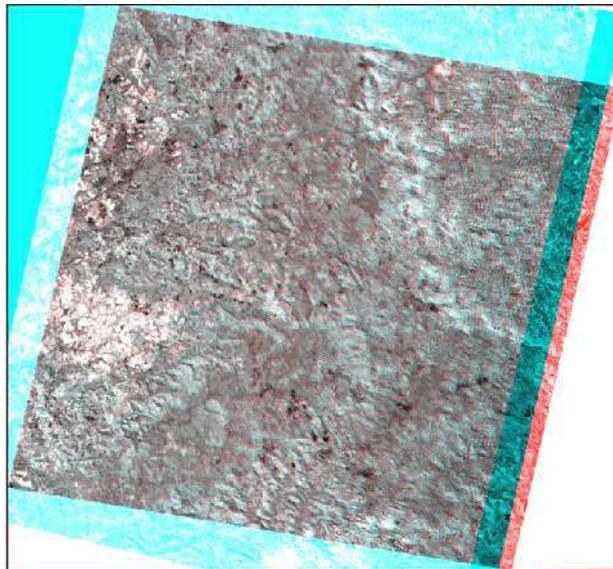


FIGURA 8- Anaglifo.

Fonte: Banco de dados mapeamento-geológico/geomorfológico.

Programas e materiais utilizados

- 1) Adobe Photoshop 7.0;
- 2) Imagem ASTER na banda 3 e 3b;
- 3) Computador;
- 4) Óculos para anaglifo;
- 5) Idrisi Kilimanjaro;

2.5.3 Elaboração do modelo digital do terreno (MDT).

Para este tipo de trabalho a Krigagem, um interpolador inexato expressa melhor às características do relevo. No presente trabalho este método foi utilizado.

Como base foram utilizadas as curvas de nível das cartas topográficas de 1:50:000 de 20 em 20 metros , MI -2837-2, MI 2837-3, MI 2838-3, 2838-4, MI 2852-22853-1 digitalizadas e ortoretificadas pelo Governo do Estado do Paraná, Secretaria de Estado do Desenvolvimento Urbano -SEDU, Serviço Social Autônomo o Paranaidade, e Consórcio Geoambiente – FOTOTERRA. Nessa pesquisa o programa utilizado para elaboração da imagem 3D foi o Surfer 8.0.

Para melhor observação do relevo foi gerado o modelo Digital do Terreno (MDT), sobre a imagem em 3D foi sobreposto os contatos geológicos da região de Guarapuava e rede de drenagem facilitando desta forma a relação relevo X litologia. Os contatos geológicos sobrepostos a imagem em 3D tiveram como base o Mapa Geológico- Mineropar, 2007.

Com isso, o mosaico com as curvas de nível foi aberto no programa Surfer 8.0 respectivamente através das ferramentas de acesso **Surfer – grid- data- all files (xyz) – comma – start line 1 esp 40** e posteriormente, **surface**.

A ferramenta *comma*, é utilizada para a separação dos valores X, Y, Z, processo essencial para a confecção da imagem em 3D, gerada através do ícone *surface*. O espaçamento e escala varia de acordo com os objetivos do trabalho.

Os contatos geológicos sobrepostos a imagem em 3D tiveram como base o Mapa Geológico- Mineropar, 2007. Utilizou-se a **overlay** para plotar.

Por fim, foi ajustado o exagero vertical em 1200 e inserido a escala gráfica através do menu **map / scale bar**.

Com o MDT pronto muitos outros dados podem ser obtidos da imagem, como por exemplo, ao se trabalhar com diferentes azimutes e iluminação no MDT o reconhecimento de sistemas de falhas e fraturas ficará mais evidente. Com estas informações cruzadas dados valiosos sobre a geologia e geomorfologia do terreno são obtidos.

Valeriano (2008) ressalta que as curvas de nível são à base de dados para os modelos formados a partir de curvas de nível, tendo em vista que a elaboração do modelo envolve processos de digitalização dos dados topográficos e posterior

interpolação, quanto menor a distância entre essas curvas melhor o detalhamento do trabalho.

2.5.4 Reconhecimento dos fotolineamentos através do sombreamento do MDT.

No reconhecimento de falhas e fraturas da área de estudo foi considerado a geometria da iluminação solar nas imagens uma vez que os diferentes tipos de iluminação influenciam na cena da imagem, hora evidenciando determinadas orientações de conjuntos de falhas e fraturas, hora evidenciando outras. Neste sentido as variações sazonais de iluminação na imagem evitam perda de informações.

Rodrigues e Liu (1998) alertam que o azimute não deve ser desconsiderado de forma alguma na realização desta tarefa, tendo em vista que, a elevação solar nem sempre é o parâmetro que facilita maior visualização dos fotolineamentos, mesmo sendo verdade que a baixa elevação facilita na visualização de falhas e fraturas, principalmente em terrenos com menor grau de dissecação. O que acontece é que os baixos ângulos de iluminação sofrem grande influência do azimute solar.

Portanto, ao se desconsiderar o azimute pode-se desconsiderar também a visualização de importantes fotolineamentos escondidos por uma iluminação ineficaz. Desta maneira, para a identificação das falhas e fraturas da área de estudo escolheu-se uma elevação solar de 45° e foram selecionados os seguintes ângulos de azimute de iluminação solar:

- 1) Sombreamento Az 45°
- 2) Sombreamento Az 135°
- 3) Sombreamento Az 225°
- 4) Sombreamento Az 315°

A geometria solar foi realizada no programa Surfer 8.0, programa também utilizado para a confecção do Modelo Digital do Terreno (MDT). A ferramenta utilizada no processo foi: **Map - Base properties**, onde foi ajustado o ângulo e a elevação solar anteriormente citada. As figuras 9, 10, 11 e 12 mostram os diferentes tipos de sombreamento gerados com estes quatro azimutes a fim de evidenciar o maior numero de falhas e fraturas no trabalho.

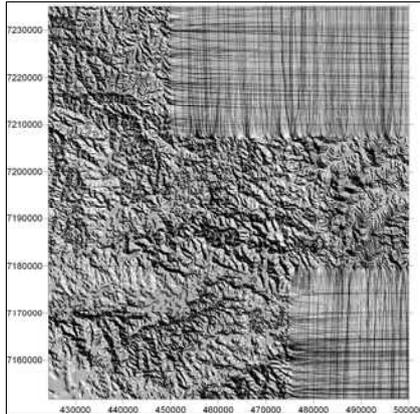


FIGURA 9- Sombreamento Az 45°
Fonte: Banco de dados mapeamento-geológico/geomorfológico.

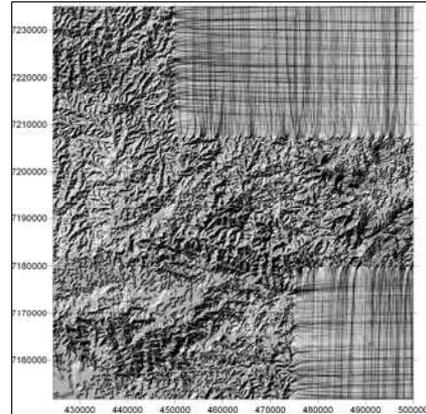


FIGURA 10- Sombreamento Az 135°
Fonte: Banco de dados mapeamento-geológico/geomorfológico.

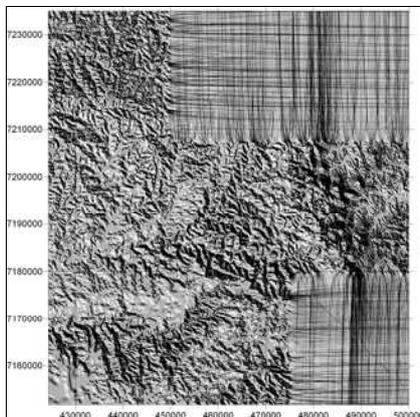


FIGURA 11- Sombreamento Az 225°
Fonte: Banco de dados mapeamento-geológico/geomorfológico.

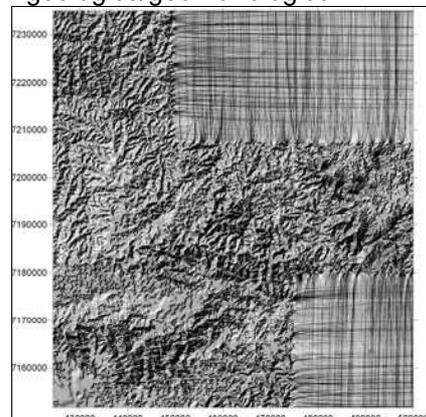


FIGURA 12- Sombreamento Az 315°
Fonte: Banco de dados mapeamento-geológico/geomorfológico.

Realizado este procedimento foi dado inicio a digitalização das cartas geológicas e geomorfológicas utilizando-se programa AutoCAD (2000).

2.6 CONFECÇÃO DOS MAPAS GEOLÓGICO E GEOMORFOLÓGICO

2.6.1 confecção da carta geológica.

No intuito de evitar confusão na interpretação das cartas lançou-se mão da metodologia proposta pela MINEROPAR (2008), onde as unidades litológicas básicas do município são classificadas de acordo com seus aspectos texturais e geoquímicos em: Basaltos hipovítreos, basaltos tabulares e basaltos lobados.

Ressalta-se que na área também foram encontrados basaltos da fácies Campo Êre, descritos com a mesma nomenclatura pela MINEROPAR (2006) Waichel (2005) e Waichel (2006) no Noroeste do Estado do Paraná.

Entretanto, as rochas ácidas foram descritas no trabalho como ácidas do Tipo Chapecó e não como ignimbritos reomórficos como descrito por MINEROPAR (2007) e Arioli et al (2008). Deste modo, inicialmente foi reunido o material que servira de base para o mapeamento o qual foi realizado em programa AutoCAD map (2000).

Utilizando o programa Microstation V8 foram criados os *layers* contendo imagens e elementos vetoriais que serviram de base para a delimitação das principais feições geológicas, estes *layers* foram cruzados de acordo com objetivo da digitalização.

- 1) ASTER *color*;
- 2) ASTER PB;
- 3) Sombreamento Az 45°;
- 4) Sombreamento Az 135°;
- 5) Sombreamento Az 225°;
- 6) Sombreamento Az 315°;
- 7) Mosaico das ortoimagens- Sensor SPOT5, resolução 30 metros;
- 8) Rede de drenagem;
- 9) Curvas de nível;

10) Pontos de campo;

11) Perímetro municipal, utilizado na delimitação da área de estudo.

Depois foram criados os *layers* de trabalho:

1) Contatos Geológicos, onde o contato entre as litologias foi traçado com o auxílio da ferramenta ***polyline*** a partir de ortoimagens (mosaico), anaglifo das imagens ASTER, pontos de campo, curvas de nível e rede de drenagem.

[...] Uma ortofoto ou ortofotocarta ou ortoimagem tem as mesmas características de uma carta ou de um mapa, isto é, por ser uma imagem ortoretificada, é possível trabalhar sobre ela, tirando com precisão dados de distância de áreas e de ângulos como em um mapa, além da vantagem de ver a área de estudo da maneira como ela é [...] (RUBIO et al, 2004, p.20).

2) Cores geológicas: As cores referentes a cada litotipos foram definidas utilizando-se a ferramenta ***Boundary Hacht*** para colorir os contatos geológicos correspondentes como mostra a figura 13.



FIGURA 13- Ferramenta usada para pintar os contatos geológicos e geomorfológicos.

Fonte: Banco de dados da pesquisa.

As cores utilizadas foram:

- a. Cores basaltos hipovítreos (*Color 53*)
- b. Cores basaltos lobados (*Color 61*)
- c. Cores basaltos tabulares (*Color 94*)
- d. d) Cores basaltos Campo Êre (*Color 79*)
- e. Cores ácidas (*Color 31*)

3) Sistemas de falhas, *layer* utilizado para digitalização dos lineamentos através dos azimutes do MDT, ortoimagens (mosaico) e ANAGLIFO das imagens ASTER os quais foram traçados com as ferramentas ***line e polyline***.

Por fim, os *layers* de finalização:

- 1) *Grid*: Para a localização espacial da carta;
- 2) Rodovias: Também utilizadas com o intuito de localização;
- 3) Legenda.

Ao ativar os *layers* de trabalho e *layers* de finalização tem-se a carta geológica.

2.6.2 Confecção da carta geomorfológica.

Assim como na construção da carta geológica, foram criados os *layers* base:

- 1) Anaglifo ASTER *color*;
- 2) Mosaico (ortoimagens);
- 3) Curvas ;
- 4) Redes de drenagem.

A partir do cruzamento ou não destes *layers* foram digitados os elementos geomorfológicos dispostos nos seguintes *layers* de trabalho:

- 1) Cristas; (***polyline e circle***);
- 2) Drenagem em anfiteatro; Desenhadas com a ferramenta (***arc e polygon***);
- 3) Estruturas circulares; ferramenta (***circle e polygon***);
- 4) Vales em V; ferramenta utilizada, (***lines e polylines***);
- 5) Planaltos; (***polylines e lines***).
 - a) Planalto de dissecação da drenagem (*color* 241);
 - b) Planalto dos jovens derrames (*color* 53).

Os elementos geomorfológicos atenderam a metodologia de legenda geomorfológica proposta pelo Manual Técnico de geomorfologia do Instituto Brasileiro de Geografia Estatística no texto de Nunes et al (1995).

Enquanto que, a descrição do relevo foi baseada na metodologia de Florenzano, T. G (2008) que considera as taxas de declividade (de 3 a 45%) e sua relação com as formas do relevo descritas de forma simplificada pela autora em plano, suave ondulado, ondulado e fortemente ondulado.

3. REVISÃO TEÓRICA SOBRE O MUNICÍPIO DE GUARAPUAVA DENTRO DO CONTEXTO DA FORMAÇÃO SERRA GERAL DA BACIA DO PARANÁ

O município de Guarapuava assenta-se sobre as rochas ácidas e básicas da Formação Serra Geral da Bacia do Paraná, estando a geologia e a geomorfologia atrelada às características de derrames basálticos ocorridos no Cretáceo. Derrames estes que fazem parte da história evolutiva da Bacia do Paraná caracterizando a Formação Serra Geral.

Portanto, esta etapa do trabalho trata-se, em um primeiro momento, da revisão teórica sobre a Formação Serra Geral. Num segundo momento são explanados as origens e possíveis métodos de ascensão das lavas responsáveis pela gênese das rochas referentes à Formação Serra Geral. Esta segunda discussão considera desde teorias mais antigas até as mais recentes, trazendo nomes como Melfi, Leinz e Roisenberg.

A figura 13 mostra a localização do município de Guarapuava dentro do Estado do Paraná bem como, a localização das unidades ácidas e básicas no município.

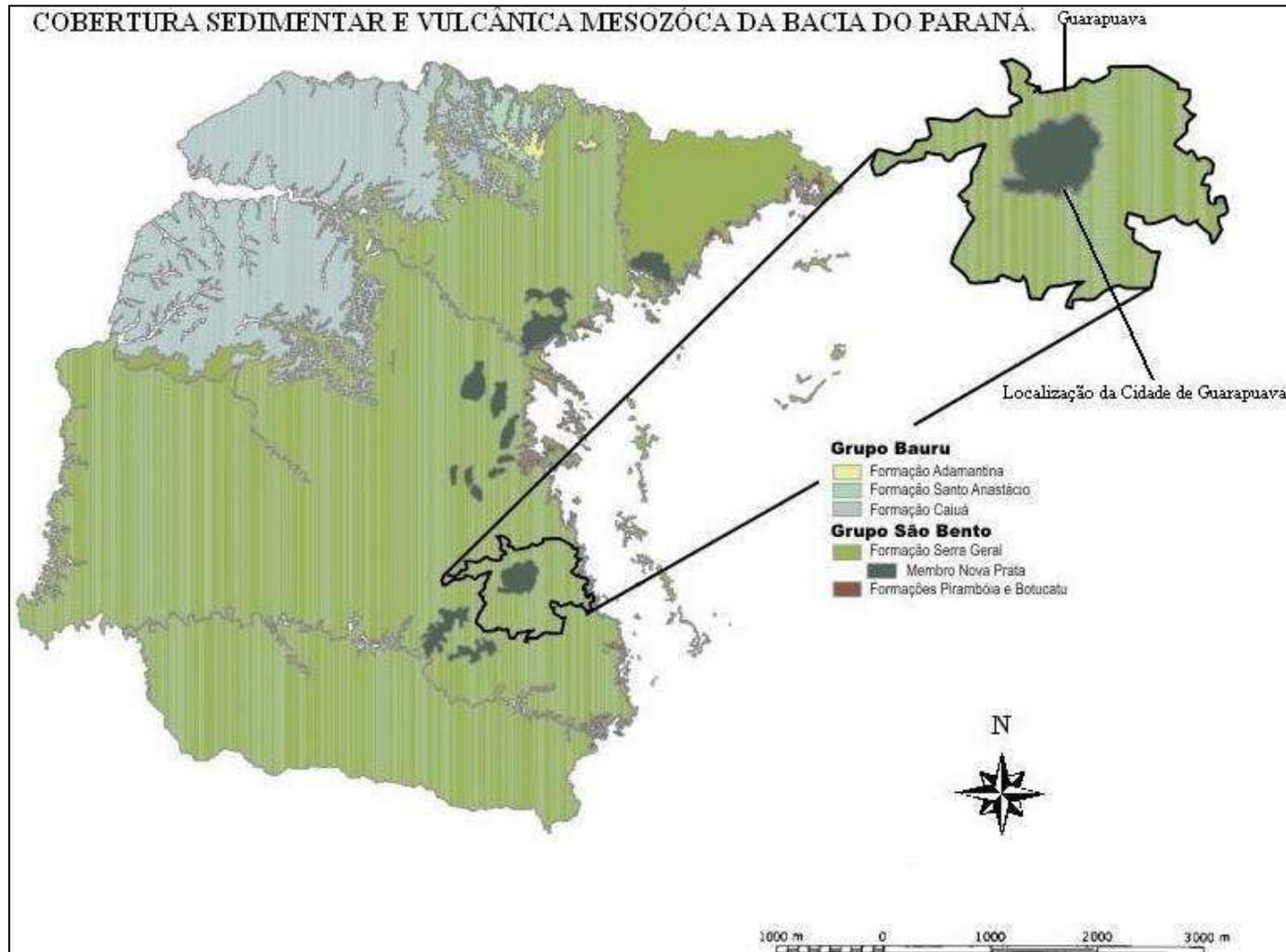


FIGURA 13- Localização do município de Guarapuava no Paraná.

Adaptado de Mineropar (2001).

Organização: Eliza do Belém Tratz (2005).

3.1 BACIA DO PARANÁ

A Bacia do Paraná situa-se no Centro-Leste da América do Sul, abrangendo uma área de 1.500.000 km², qual se estende do Centro- Sul do Brasil até o Norte do Uruguai, Nordeste da Argentina e Leste do Paraguai e Bolívia. Dos 1.500.000 Km² da Bacia do Paraná 1.1000.000 km² estão situados em território brasileiro, o que engloba parte dos Estados do Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, São Paulo, Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul. (FÚLFARO & PETRI, 1983) (Figura14).

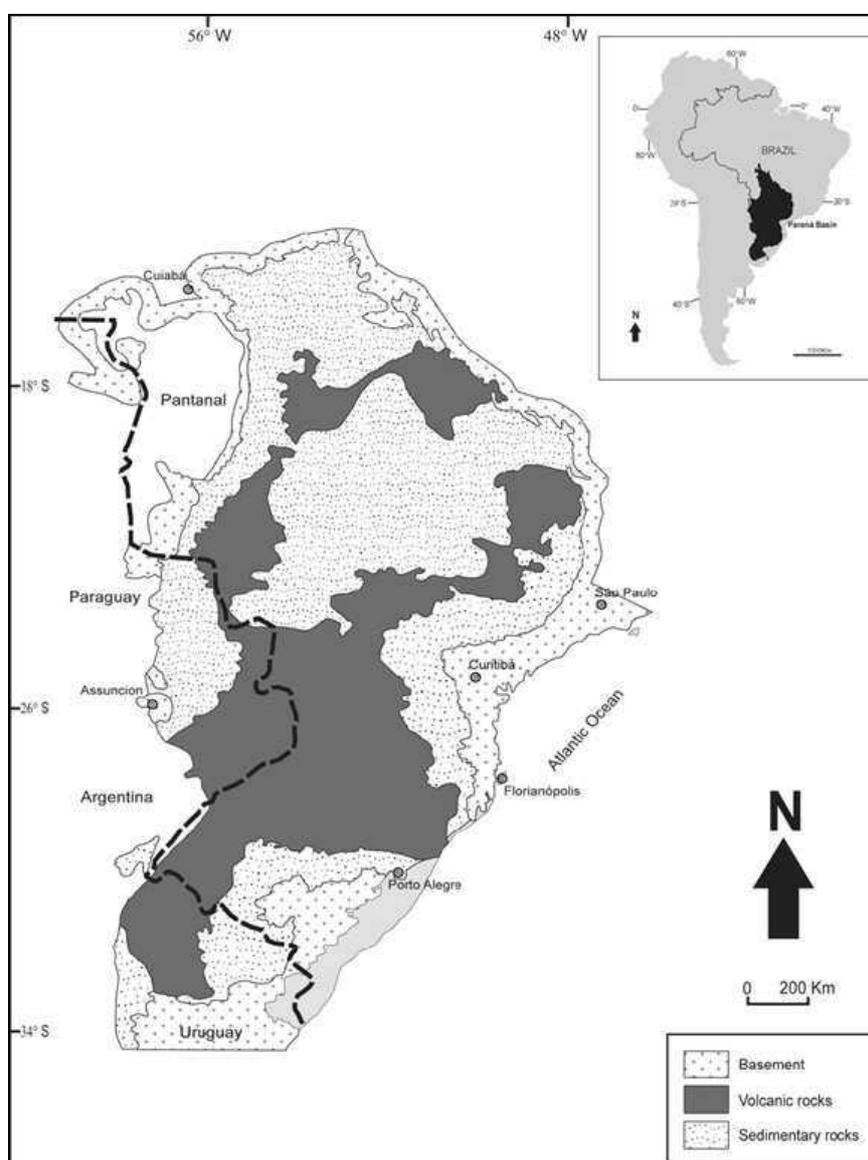


FIGURA 14- Localização da Bacia do Paraná

Fonte: Modificado de Milani et al (1997) por Silva e Mizusaki et al (2006).

3.1.1 A Bacia do Paraná-Entedeka.

A Bacia do Paraná-Entedeka se estende do Leste do continente Americano até Oeste do Continente Africano apresentando as mesmas características geológicas da América do Sul, tem sua origem atrelada a eventos magmáticos toleíticos de ambiente continental (Figura 15).

A maior parte da Província ígnea-Entedeka é encontrada em território Sul Americano, $1,5 \times 10^6 \text{ km}^2$ e $1 \times 10^6 \text{ km}^3$, em terras Africanas, estando a província associada à fragmentação do Gondwana no Cretáceo inferior (Waichel, 2006). O afastamento dos continentes gerou grandes atividades sísmicas, responsáveis pelos derrames basálticos da Bacia do Paraná (BIGARELLA et al 1985). Figura 03. Roisenberg & Viero (2000, p.355) defendem que o processo de separação dos continentes

[...] apresenta associada no tempo e no espaço com extensos e espessos pacotes de lavas de natureza básica toleítica, que constituem o chamado vulcanismo de platô, representando manifestações espetaculares e de evolução mais rápida dentre os eventos similares da história da Terra. Em algumas províncias de grande expressão areal e volumétrica os estudos demonstram que a quase totalidade dos derrames é extravasada em menos de 10 Ma, o que é um tempo muito curto se considerado o volume de lava envolvido [...].

Segundo Waichal (2006), no caso da província basáltica continental do Paraná o clímax do vulcanismo se deu entre 133 e 129 milhões de anos. Estando as unidades litológicas geradas no evento referidas estratigraficamente a Formação Serra Geral da Bacia do Paraná.

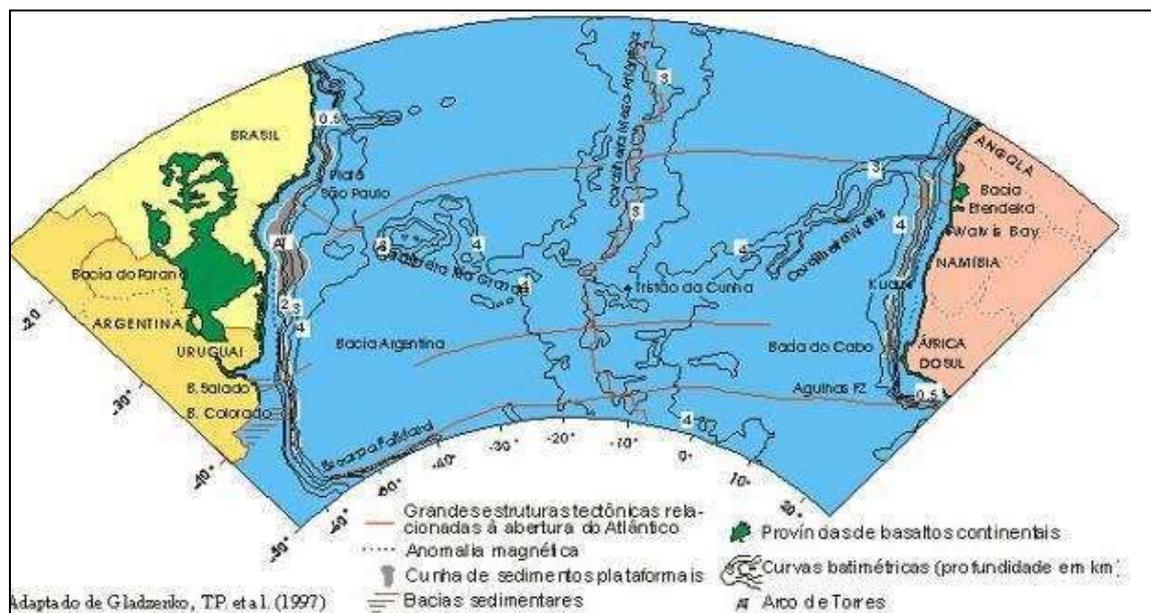


FIGURA 15- Bacia do Paraná e Bacia Entendeka.

Fonte: CPRM, (2008), disponível em: www.cprm.gov.br/Aparados/ap_geol_pag01.htm

3.2 OS ESTÁGIOS EVOLUTIVOS DA BACIA DO PARANÁ

Na literatura são reconhecidos quatro estágios evolutivos da Bacia do Paraná, sendo o primeiro estágio representado por deposição de sedimentos marinhos, por movimentos epirogenéticos e falhamentos.

Segundo Melfi (1988), o primeiro estágio (Devoniano-Carbonífero inferior), corresponde à deposição de sedimentos marinhos do Grupo Paraná. A formação do Arco de Assunção e do Arco de Ponta Grossa teve início entre o final do Siluriano e o início do Devoniano. A consequência deste processo foi uma importante deposição de sedimentos marinhos do Grupo Paraná. O final do primeiro estágio (Devoniano transição Carbonífero) é caracterizado por movimentos epirogenéticos e falhamentos responsável pela erosão de superfície responsável por uma das mais importantes discontinuidades estratigráficas da Bacia do Paraná.

O segundo estágio é caracterizado pela reativação das estruturas tectônicas de maior ordem seguida de uma importante deposição de sedimentos marinhos e continentais (MELFI, *op cit*). O autor ainda explica ainda, que o segundo estágio da Bacia do Paraná, (Carbonífero Superior-

Permiano Médio), iniciou-se com importantes movimentos tectônicos que originaram localmente altos e depressões.

A maioria das estruturas tectônicas de maior ordem foram ativadas e os sedimentos foram acumulados preferencialmente ao longo da direção NNE. Estes depósitos são representados por sedimentos marinhos e sedimentos continentais, do Super Grupo Tubarão e Grupo Itararé. Quanto ao terceiro estágio da Bacia do Paraná este se refere á extrusão de material magmático e soerguimentos relacionados a processos tectônicos.

O terceiro estágio da Bacia do Paraná (Fim do Paleozóico-Jurássico) é caracterizado pelo início de processos erosivos que promoveram o desenvolvimento final das estruturas em arco, como o Arco de Ponta Grossa (MELFI, 1988). A sedimentação referente ao Mesozóico foi do tipo Continental e ocorreu associada a um período de relativa estabilidade tectônica. No início do Jurássico, predominavam as condições desérticas que deram origem aos depósitos eólicos da Formação Botucatu. Em relação ao quarto estágio da Bacia do Paraná, este foi marcado por um intenso diastrofismo, resultado da possível reativação de antigas linhas tectônicas, que permitiu a ascensão de grande quantidade de material magmático até a superfície, dando origem a Formação Serra Geral (MELFI, 1988).

Bigarella et al (1985, p.62) afirma que

[...] Os derrames basálticos da formação Serra Geral, ocupam uma área de aproximadamente 1500 000 km², com espessura máxima superior a 1000 metros [...].

Melfi (1988) define o quarto estágio (Final do Jurássico início do Cretáceo), como um período caracterizado por processos de reativação tectônica, que fez com que a Bacia do Paraná assumisse uma estrutura antiformal. Este evento tectônico permitiu o derramamento de grande quantidade de material basáltico bem como também promoveram a extrusão de lavas de caráter mais ácido da (Formação Serra Geral), as quais conformam a Província Mágica da Bacia do Paraná.

3.3 FORMAÇÃO SERRA GERAL

Na Era Mesozóica, durante o período Cretáceo, ocorreu uma expressiva manifestação vulcânica de caráter continental, alguns autores como Bigarella (1985) e Melfi (1998) afirmam que tal evento vulcânico foi um dos maiores, se não o maior derramamento de lavas já ocorridos na Terra, o que corresponde a 75% de todo o volume da Bacia do Paraná.

Os derrames referentes à Formação Serra Geral da Bacia do Paraná atingem espessura máxima de 1700 metros e assentam-se sobre os arenitos eólicos Botucatu. (As lavas geradas no evento possuem caráter básico, ácido e intermediário) (MELFI, 1988; NARDY, 1995, WAICHEL, 2006).

Estudos de Fúlfaro & Petri (1983) indicam que o vulcanismo foi fissural, e que este evento tenha ocorrido há aproximadamente 115 a 135 milhões de anos atrás, idade estimada pelo método K – Ar (Potássio – Argônio).

Campos et al (1988) afirmam que as rochas referentes à porção Norte da Bacia do Paraná datam de 130 a 135 milhões de anos atrás, idade também estimada pelo método K-Ar.

Já as rochas de caráter mais ácido, do Tipo Palmas e Chapecó, tiveram suas idades estimadas pelo método $87\text{Sr}/86\text{Sr}$ Rácio. Sendo que, as rochas do Tipo Chapecó foram datadas em 135 milhões de anos. Enquanto que, as rochas do Tipo Palmas apresentaram idade de 120 milhões de anos (CAMPOS et al, 1998).

Portanto, o início de formação destas rochas teria ocorrido nos limites entre o Jurássico e o Cretáceo e as manifestações vulcânicas duraram um conjunto de pelo menos 20 milhões de anos (RIBEIRO, 1989).

3.3.1 Unidades ácidas e básicas da Formação Serra Geral.

Ribeiro (1989), afirma que já nos primeiros reconhecimentos geológicos na Bacia do Paraná havia preocupação em diferenciar as unidades

ácidas das unidades básicas, tendo em vista, as diferenciações físico-químicas existentes entre estas.

Deste modo Nardy (1995), explica que, a Formação Serra Geral da Bacia do Paraná é composta em sua maioria por três litotipos (Quadro 2).

1. Rochas básicas-intermediárias;
2. Rochas Ácidas do tipo Chapecó;
3. Rochas Ácidas do tipo Palmas.

QUADRO 2- Caracterização das litologias presentes em Guarapuava.

Fonte: Nardy (1995), adaptado por Eliza do Belém Tratz (2007).

Unidades	Litotipos	Teor em SiO ₂	Características dos litotipos	Área de ocorrência	Total da área
Chapecó	Dacitos, Riodacitos, Quartzos, Latitos e Riolitos.	(63,24 ≤ SiO ₂ ≤ 66,88%).	Cinza esverdeada quando fresca, e castanho avermelhada quando alteradas. Fracamente porfíricas, com fenocristais de plagioclásio internamente fraturados o que dá à rocha a característica glomeroporfírica presença de quartzo e feldspato alcalino na matriz afanítica.	Norte do rio Iguaçu, definindo os platôs de Guarapuava e Pinhão. Entre os rios Iguaçu e Uruguai, correm outros platôs, sendo os de maior expressão os de Xanxerê, Campos Novos e Chapecó.	5406km ² Totalizando 3% das rochas vulcânicas da Bacia do Paraná.
Palmas	Riodacitos e Riolitos	(65,81 ≤ SiO ₂ ≤ 72,04).	Apresentam coloração cinza clara (quando frescas), e cinza amareladas, quando alteradas. Essas rochas são afíricas, hipohialinas, com matriz granofírica onde se observa intenso crescimento de quartzo e feldspato alcalino.	Exclusivamente ao Sul do rio Iguaçu. Distribui-se nos platôs Palmas, Bituruna, General Carneiro, e Matos Costa.	4246km ² , Representa 1% das rochas vulcânicas da Bacia do Paraná.
Básicas Intermediárias	Basaltos de natureza toleítica e escassos andesitos também de natureza toleítica.	Basalto: (50,28 ≤ SiO ₂ ≤ 53,73%). Andesito: (54,83 ≤ SiO ₂ ≤ 59,93).	Coloração, cinza escura a negra, granulação muito fina a média, hipocristalinos, maciços ou vesiculares.	Assentam-se sobre os arenitos eólicos da Formação Botucatu,	145.000km ² , 97% do volume total das rochas vulcânicas da Região Central da Bacia do Paraná.

3.3.2. Definição dos Membros Palmas e Chapecó.

Definição por Nardy (1995):

As rochas ácidas dos tipos Palmas (ATP) e Chapecó (ATC) possuem aspectos petrográficos, geoquímicos e de jazimento que permitem individualizá-las entre si em relação aos basaltos. Sendo assim, Nardy (1995), informa que a primeira tentativa de divisão da formação Serra Geral foi sugerida informalmente por Roisenberg apud (NARDY, 1995), que definiu uma unidade estratigráfica denominada Formação Nova Prata para indicar rochas ácidas que ocorrem na Região central do Rio Grande do Sul, como também nas regiões nordeste e sudeste do Estado de Santa Catarina.

Ressalta-se que, nos trabalhos de mapeamento geológico realizados pela companhia de mineração paranaense (MINEROPAR, 2001), estas rochas ainda são generalizadas pelo membro Nova Prata. No sentido de facilitar trabalhos de mapeamento Nardy, (1995) subdivide o membro Nova Prata em rochas ácidas do Tipo Chapecó e rochas ácidas do Tipo Palmas. Nardy, ainda justifica que tal nomenclatura “como unidades estratigráficas não estaria sobrecarregando a já vasta literatura sobre a estratigrafia da Bacia do Paraná” em vista de não haver a criação de um novo membro, como propôs Roisenberg em (1979) e sim, a divisão deste.

3.4. DETALHAMENTO GEOQUÍMICO DAS ROCHAS VULCÂNICAS ÁCIDAS E BÁSICAS DA BACIA DO PARANÁ

Os primeiros estudos que envolvem o detalhamento geoquímico das rochas vulcânicas básicas e da autoria de Peat et al (1992) citado por Roisenberg & Viero (2000). Neste estudo eles subdividem seis diferentes grupos geoquímicos, Urubici, Pitanga, Paranapanema, Ribeira, Esmeralda e Gramado, sendo os três primeiros grupos basaltos com alto teor de TiO_2 e os três últimos baixo teor de TiO_2 . Marques & Ernesto em 2004 agrupam as unidades litológicas de acordo com as características geoquímicas, seguem o modelo proposto por Peat et al (1992), e agrupam também as unidades ácidas de acordo com o teor de TiO_2 . A tabela 4

mostra os fatores estatísticos utilizados por Peate et al (1992) para a classificação das unidades básicas da Bacia do Paraná.

TABELA 4- Subdivisões das unidades básicas da Bacia do Paraná.

Fonte: Roisenberg & Viero (2000).

	Basaltos Alto - TiO ₂			Basaltos - Baixo - TiO ₂		
	Urubici	Pitanga	Paranapanema	Ribeira	Esmeralda	Gramado
SiO₂	<49,0	>47,0	48,0 -53,0	49,0-52,0	48,0 - 55,0	49,0-60,0
TiO₂	<3,3	>2,8	1,7 -3,2	1,5-2,3	1,1 -2,3	0,7-2,0
P₂O₅	<0,45	>0,35	0,2 - 0,8	0,15-0,50	0,1-0,35	0,05-0,4
Fe₂O₃(t)	<14,5	12,5 -18,0	12,5 -17,0	12,0-16,0	12,0 -17,0	9,0 - 16,0
Sr	>550	>350	200-450	200-375	<250	140-400
Ba	>500	>200	200- 650	200-600	90- 400	100-700
Zr	>250	>200	120-250	100-200	65-210	65-275
Ti/Zr	>57	>60	>65	>65	>65	<70
Ti/Y	>500	>350	>350	>300	<300	<330
Zr/Y	>6,5	>5,5	4,0-7,0	3,5 -7,0	2,0-5,0	3,5-6,5
Sr/Y	>14,0	>8,0	4,5-15,0	5,0- 17,0	<9,0	<13
Ba/Y	>14,0	>9,0	5,0-19,0	6,0 -19,0	>12,0	<19

Marques & Ernesto (2004) assim como Peate et al (1992) diferenciam as unidades litoestratigráficas de acordo com a concentração de Titânio (TiO₂) e elementos de traços incompatíveis (Sr, Y e Zr).

Ressalta-se que, a diferenças geoquímicas entre as rochas vulcânicas podem estar associadas a processos de contaminação crustal, responsável por “mascarar as características geoquímicas originais da rocha (MARQUES & ERNESTO (2004).

3.4.1 Os magmas básicos:

Os basaltos são divididos em três grupos de baixo e alto teor de TiO_2 sendo os grupos com alto teor de TiO_2 : 1) Urubici com assinatura geoquímica (ATi-S: $\text{TiO}_2 > 3\%$; $\text{Sr} > 550$ ppm; $\text{Ti/Y} > 500$); 2) Pitanga (ATi-N: $\text{TiO}_2 > 3\%$; $\text{Sr} > 350$ ppm; $\text{Ti/Y} > 350$); 3) Paranapanema (ITi-N: $2 < \text{TiO}_2 \leq 3\%$) (MARQUES & ERNESTO (2004).

Os magmas com alto teor de TiO_2 aparecem predominantemente na porção setentrional da Bacia do Paraná. Roisenberg & Viero (2000), afirmam que nesta porção é rara a presença de rochas de caráter intermediário, e as rochas ácidas aparecem com textura fortemente porfirítica. Estas unidades ácidas dizem respeito às unidades ácidas do Tipo Chapecó as quais encimam o pacote vulcânico.

Os três tipos de magma básicos com baixo teor de TiO_2 são: 1) Gramado (BTi-S: $\text{TiO}_2 < 2\%$; $140 < \text{Sr} < 400$ ppm; $\text{Ti/Y} < 300$); 2) Esmeralda (BTi-S: $\text{TiO}_2 \leq 2\%$; $120 < \text{Sr} < 250$ ppm; $\text{Ti/Y} < 330$); 3) Ribeira (BTi-N: $\text{TiO}_2 \leq 2\%$; $200 < \text{Sr} < 375$ ppm; $\text{Ti/Y} > 300$) (MARQUES & ERNESTO (2004).

Os derrames com baixo teor de TiO_2 correspondem predominantemente à porção Sul da Bacia do Paraná, onde há maior ocorrência de litologias de natureza intermediária. As unidades ácidas predominantes dizem respeito ao Tipo Palmas. Ainda podem ocorrer nessa área, em menor proporção rochas ácidas do Tipo Chapecó, as quais aparecem nas áreas de cimeira, intercalando-se também com as unidades de natureza básica (MARQUES & ERNESTO *op.cit*). Assim, Roisenberg & Viero (2000, p.358) explicam que

[...] a Bacia do Paraná Central é caracterizada pela ocorrência e interdigitação de basaltos de alto- e baixo $-\text{TiO}_2$, bem como pela presença de basaltos transicionais (BTi 3,0% , $< \text{TiO}_2 > 2,0\%$). São registradas ainda, intercalações com derrames ácidos porfiríticos e afíricos cuja espessura alcança no máximo 150 metros. São escassas rochas vulcânicas de natureza intermediária neste setor [...].

3.4.2 Os magmas ácidos:

Assim como os magmas básicos os magmas ácidos também são divididos de acordo com os teores de TiO_2 , uma vez que, as rochas ácidas do Tipo Chapecó apresentam assinatura química com alto teor de TiO_2 , sendo sub-dividida em dois sub-grupos: 1) Guarapuava, referente às unidades ácidas estudadas na presente pesquisa, ($TiO_2 > 1,4\%$; $P_2O_5 > 0,4\%$; $Rb < 120$ ppm; $Rb/Zr < 0,2$) e Ourinhos ($SiO_2 > 65\%$ $TiO_2 > 1,4\%$; $P_2O_5 < 0,4\%$; $Rb > 120$ ppm; $Rb/Zr < 0,2$) (ROISENBERG & VIERO, 2000 MARQUES & ERNESTO, 2004).

Com detalhamento geoquímico, as rochas do Tipo Palmas, baixo teor de TiO_2 são sub divididas em dois sub grupos: Santa Maria ($SiO_2 > 69\%$; $TiO_2 < 0,8\%$; $P_2O_5 < 0,25\%$), Caxias do Sul ($SiO_2 = 67 - 70\%$; $0,85 < TiO_2 < 1,05\%$) e Anita Garibaldi ($SiO_2 < 69\%$; $TiO_2 > 1,05\%$) (MARQUES & ERNESTO *op.cit*).

3.4.3 Subdivisão da Bacia do Paraná – Áreas de ocorrência de rochas referentes à Formação Serra Geral.

A Bacia do Paraná é sub-dividida de acordo com suas características litológicas em Regiões Norte, Central e Sul.

Região Norte

Situada acima do alinhamento do Rio Piquiri. Nessa região há predominância também é de rochas básicas, basaltos toleíticos, sendo que, as rochas ácidas representam apenas 0,3% do volume da área, representadas pelo Tipo Chapecó. Ressalta-se que na região de Piraju e Ourinhos as rochas do Tipo Chapecó assentam-se sobre os arenitos eólicos da Formação Botucatu (NARDY, 1995). Roisenberg & Viero (2000), explicam que quanto ao quimismo as rochas na porção Norte da Bacia do Paraná é caracterizado por basaltos do tipo alto TiO_2 (BAT - $TiO_2 > 3,0\%$) com enriquecimento relativo de $P_2O_5 (> 3,0\%)$, $Fe_2O_3(t) (> 12\%)$ e elementos de traço incompatível ($Ba > 500$ ppm, $La > 30$ ppm, $Ce > 60$ ppm e $Zr > 200$ ppm). No setor, raras as rochas de caráter intermediário, como os andesitos

e os derrames ácidos aparecem representados por rochas do Tipo Chapecó, quais aparecem “ encimando a pilha vulcânica”.

Região Central

Localizada entre o alinhamento do Rio Uruguai e o Alinhamento Piquiri, é a Região com maior predominância de rochas básicas, os basaltos toleíticos quais ocupam 98% dessa área. As rochas ácidas encontradas na região são representadas por 1,1 % de rochas Tipo Palmas, e 0,8% do Tipo Chapecó. Mesmo que a incidência destas rochas seja mínima quando comparadas às rochas de caráter básico, Nardy (1995), diz que, estas são passíveis de serem estudadas e mapeadas, pois, justamente nesta porção da Bacia do Paraná os três litotipos ocorrem associados entre si.

Ocorrem na área basaltos de alto e baixo TiO_2 , e basaltos transicionais. As rochas de natureza ácida por vezes intercalam-se com os derrames básicos, não ultrapassando 150 metros. Ressalta-se que as rochas de natureza básica são raras nessa porção (ROISENBERG & VIERO, 2000).

Região Sul

Encontra-se localizada ao Sul do alinhamento do Rio Uruguai (Figura 16), representada em sua maioria por rochas básicas, 65%. A incidência de rochas de caráter ácido restringe-se a 13% (Rochas ácidas do Tipo Chapecó). Os outros 22% dizem respeito às rochas intermediárias, conhecidas localmente como andesitos (Nardy, 1995). Roisenberg & Vieiro (2000, p.357) nos dizem que

[...] Geoquimicamente as rochas são representadas por basaltos de baixo TiO_2 (BBT- TiO_2) “o que é determinado pelo empobrecimento relativo de elementos incompatíveis, enquanto o estrôncio radiogênico é aumentado e o neodímio é diminuído[...].

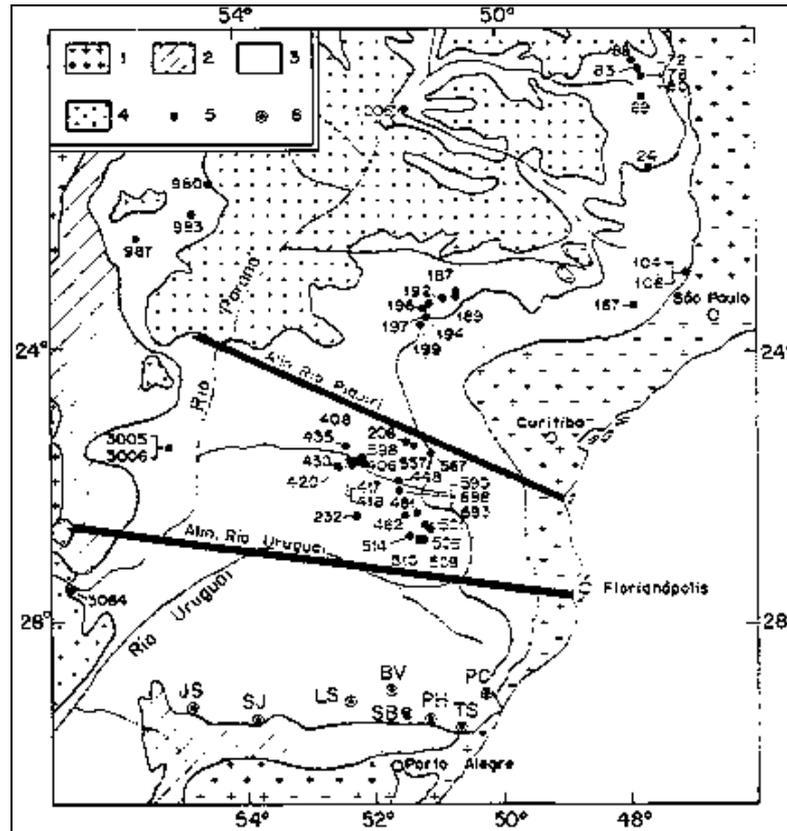


FIGURA 16- Alinhamento do Rio Piquiri e Uruguai

Fonte: Marques et al (1989).

Ao contrário da porção setentrional são encontradas rochas de natureza intermediária, os andesibasaltos e andesitos, além de abundantes derrames ácidos do Tipo Palmas, os quais se concentram na borda oriental da escarpa podendo alcançar espessuras de 400 metros. Há registros no Noroeste do Rio Grande do Sul de derrames ácidos do Tipo Chapecó, que se interdigitam com derrames básicos (ROISENBERG & VIERO, 2000).

3.5 ORIGEM DO VULCANISMO DA BACIA DO PARANÁ

Nardy (1995 p.224) afirma que os mecanismos de “geração, ascensão e extravasamento do magma” ainda são passíveis de discussão, uma vez que, não há facilidade em estudar um evento vulcânico ocorrido em média há 133 milhões de anos atrás. Por isso, existem tão poucas evidências sobre as características desse evento vulcânico.

[...] Esta dificuldade deve-se ainda, ao fato de a maioria dos estudos de modelagem vulcanológica, estar baseado na observação de eventos recentes que, certamente, são dimensões (volumétricas e temporais) muito diferentes ao evento magmático Serra Geral [...] (Nardy, 1995 p.224).

Além disso, a maioria dos estudos que envolvem a Formação Serra Geral são voltados a geocronologia e geoquímica deixando de lado o estudo da morfologia e características texturais dos derrames (WAICHEL, 2006).

Leinz (1949) pressupõe a formação de “fendas” que, atravessando a crosta, colocaram a zona magmática em contato com o exterior. O alívio de pressão, então ocasionado, provocaria a subida do magma pelas fendas até a obtenção do equilíbrio hidrostático. Se a densidade da crosta for superior a do magma haverá derramamento, caso contrário ele permanecerá no seu interior, formando câmaras magmáticas e focos para futuros vulcões. Entretanto, se as fendas colocam o magma em contato direto com a superfície, o diferencial de pressão facilita a liberação de seus gases, formando-se assim, inúmeras bolhas que diminuem consideravelmente sua densidade e forçam a subida, havendo desta forma o derramamento em superfície, tendo em vista de sua homogeneidade lateral e vertical.

Asmus, (1978 apud CAMARGO, 1997), admite a sua relação direta com os processos de ruptura e separação das placas continentais Africanas e Sul - Americano e com pontos quentes (*hot spots*), ou plumas existentes no manto, com o magma ascendendo através de inúmeras fraturas associadas ao domo térmico, ou mesmo pré-existentes, alojando-se dentro do pacote sedimentar, em forma de *sill* e extravasando na superfície, formando extensos lençóis de lavas. Tendo em vista a diferenciação litológica existente na bacia.

Carmichael (1964), Midlemost (1975), Szubert (1979) citados por Camargo (1997), afirmam que as rochas félsicas resultariam de fusões parciais de material síalico da crosta continental. Neste raciocínio, portanto, haveriam duas câmaras magmáticas independentes, uma localizada no manto superior, responsável pela produção de lavas basálticas e outra na crosta continental que proveria os derrames riodacíticos.

Bellieni et al (1984); Piccirillo et al (1988) apud Marques & Ernesto (2000), afirmam que a explicação do processo de formação dos magmas ácidos e básicos

da província vulcânica do Paraná está atrelado à assinatura química da rocha e processos de diferenciação por cristalização fracionada (fracionamento de clinopiroxênios e titanomagnetita) quais indicam que a geração do magma se deu em fontes mantélicas distintas quimicamente como reafirma Marques & Ernesto (2000, p.251).

[...] As rochas Palmas podem ter sido originadas por fusão (10 a 20%) de rochas básicas do tipo BTi-S, formadas pela solidificação de magmas aprisionados na interface crosta-manto (processo de *underplating*), por ocasião da atividade ígnea. Já com relação às vulcânicas ácidas Chapecó, parece haver um consenso de que elas foram originadas por refusão (20 a 30%) de rochas básicas ATi, cujos magmas ficaram retidos na base da crosta. /a. Este modelo crustal corrobora a interpretação de que as rochas Chapecó e Palmas foram originadas por refusão de rochas básicas com alto e baixo titânio, respectivamente, cujos magmas ficaram aprisionados na base da crosta, durante as primeiras fases da atividade ígnea ocorrida na PMP [...].

Roeisenberg & Viero (2000), afirmam que, a gênese do vulcanismo está atrelada a fusão parcial do manto atmosférico “com ou sem contribuição litosférica, como resposta aos mecanismos de descompressão resultantes da ação de plumas mantelicas”.

Já os magmas de natureza ácida podem ter sua origem associada à fusão parcial da crosta continental (desencadeada pelo adelgaçamento litosférico). Normalmente estes derrames sobrepõem-se aos derrames de natureza básica, ou intercalam-se com o pacote vulcânico. Quanto aos derrames de natureza intermediária sabe-se que estes constituem a base do pacote (ROISENBERG & VIERO *op.cit*).

Já Waichel (2006), conclui através dos estudos de Shaw e Swanson (1970), Hon et al (1994) e Sulfa et al (1997, 1998), que os mecanismos de ascensão e extravasamento dessas lavas associam-se a vários mecanismos responsáveis por erupções menores originadas a partir de fluxos inflados responsável por derrames compostos e de características diferenciadas dos derrames fissurais. Este modelo explica a diferença de estrutura entre os derrames, portanto a teoria não foge as idéias de Carmichael (1964), Midlemost (1975), Szubert (1979) que na década de 70 concluíram a existência de câmeras magmáticas distintas.

4. AS ROCHAS VULCÂNICAS DA BACIA DO PARANÁ E SUAS CARACTERÍSTICAS DE RELEVO NO MUNICÍPIO DE GUARAPUAVA-PR.

O presente capítulo é resultado do estudo do arcabouço litoestratigráfico das rochas vulcânicas da Província magmática do Paraná, dentro do município de Guarapuava. Portanto, trata de apresentar as diferentes litologias presentes no município e suas características de relevo.

Na área são encontradas rochas vulcânicas ácidas e básicas, as quais conformam o relevo de forma diferenciada o que justifica a comparação dos diferentes litotipos com as características do relevo.

Entretanto, ressalta-se que as formas de relevo encontradas no local hoje não são resultantes apenas do substrato rochoso, há muitos outros fatores que contribuíram na conformação desta paisagem, como, ação de climas pretéritos, intemperismo químico, físico, tectônica, entre outros processos que vão além dos objetivos deste trabalho.

Ressalva que, são restritos os trabalhos de cunho geomorfológico ou que visem à comparação entre as diferentes rochas vulcânicas com o relevo. É conhecido no Estado do Paraná o trabalho realizado por Volkmer & Fortes (2003), o qual trata de uma análise da geomorfologia dos terrenos vulcânicos da região Oeste do Estado do Paraná, os trabalhos de Ribeiro que culminaram em uma tese sobre a paisagem dos planaltos da região de Palmas e Guarapuava em 1989 e o clássico de Maack de 1946, transcrito em 2001 sobre os aspectos físicos do Estado do Paraná. Os trabalhos mais recentes sobre a temática foram realizados pela MINEROPAR, 2007, para a elaboração da carta geomorfológica do Estado do Paraná em escala de 1:250.000.

Dentro da perspectiva relevo/litologia foi efetuada a sobreposição dos contatos geológicos ao relevo da área de estudo, para tanto, foi gerado o Modelo Digital do Terreno (MDT), o qual permite melhor leitura da configuração geológico-geomorfológica.

Geologicamente o município de Guarapuava está inserido no domínio dos derrames vulcânicos da Província Magmática do Paraná, as unidades faciológicas presentes do município são os basaltos toleíticos de estrutura tabular seguidos dos basaltos vítreos que caracterizam o topo dos basaltos maciços, em menor proporção aparecem os basaltos lobados e FÁCIE Campo - Erê e as unidades ácidas do Tipo Chapecó, que configuram os platôs.

É possível ainda observar no município rochas sedimentares, estas se referem ao Arenito Botucatu, que aparecem de forma mais evidente a Leste, fazendo intercalações sedimentares aos derrames da unidade básica inferior, denominada de JKSG I. Estas intercalações não são cartografáveis tendo em vista a escala de trabalho.

Nos derrames, são ainda observados lentes de arenito e diques de arenito com tamanhos variados presentes também nas unidades ácidas. Ainda peperitos como resultado da interação lava-sedimento, indicando que tal interação ocorreu entre os sedimentos e a lava quando ambos ainda estavam em estado líquido. Ocorrem também brechas de falha, (Figura 17).



FIGURA 17- Lente de arenito, direção N40°E.

Lente de arenito encontrada em área de rochas de natureza básica, basaltos tabulares maciços bastante alterados, apresentando inclusive feições de decomposição esferoidal.

Foto: Eliza do Belém Tratz, 2009.

No que tange as unidades ácidas aparecem principalmente os riolitos e quartzo-latitos do Tipo Chapecó por vezes generalizadas no Grupo São Bento pelo membro Nova Prata.

Porém, para um melhor detalhamento optou-se por trabalhar com a subdivisão do Membro Nova Prata, considerando os Tipo Palmas e Tipo Chapecó. No caso, as unidades ácidas do Tipo Chapecó, caracterizadas pelos, riolitos, riolacitos e quartzo-latitos. O quadro 3 exprime as características das unidades litológicas presentes no município.

QUADRO 3- Características litoestratigráficas das rochas vulcânicas ácidas e básicas encontradas em Guarapuava.

Fonte: Nardy (1995), adaptado por Eliza do Belém Tratz (2008).

UNIDADES	LITOTIPOS	TEOR EM SiO ₂	CARACTERÍSTICAS DOS LITOTIPOS	ÁREA DE OCORRÊNCIA	TOTAL DA ÁREA
Chapecó	Dacitos, Riodacitos, Quartzos Latíto e Riólitos.	(63,24 ≤ SiO ₂ ≤ 66,88%)	Cinza esverdeada quando fresca, e castanho avermelhada quando alteradas. Fortemente porfíricas, com fenocristais de plagioclásio internamente fraturados o que dá à rocha característica glomeroporfírica presença de quartzo e feldspato	Norte do rio Iguaçu, definindo os platôs de Guarapuava e Pinhão. Entre os rios Iguaçu e Uruguai, correm outros platôs, sendo os de maior expressão os de Xanxerê, Campos Novos e Chapecó.	5406km ² Totalizando 3% das rochas vulcânicas da Bacia do Paraná.
Básicas e Intermediárias	Basaltos de natureza toleítica e	Basalto: (50,28 ≤ SiO ₂ ≤ 53,73%)	alcalino na matriz afanítica. Coloração, cinza escura a negra, granulação muito fina a média, hipocristalinos, maciços ou vesiculares.	Assenta-se sobre os arenitos eólicos da Formação Botucatu,	145.000km ² , 97% do volume total das rochas vulcânicas da Região Central da Bacia do Paraná.

Os derrames basálticos caracterizam a maior parte das litologias encontradas no município de Guarapuava são encontrados a partir do reverso da Escarpa da Esperança (Serra Geral), compondo paisagem mais dissecada, caracterizada por morros, morretes e colinas.

A diferenciação entre os derrames compõe paisagem variada sendo que, a principal diferenciação se dá entre as unidades ácidas e básicas, onde as áreas de cimeira são caracterizadas por derrames ácidos do Tipo Chapecó ou derrames referentes aos basaltos vítreos. Enquanto que, as unidades básicas caracterizam áreas mais dissecadas. Importante frisar que nem todas as áreas planas de cimeira estão atreladas as unidades ácidas. Grande parte do platô descrito por Nardy et al (2001) como Três Pinheiros é sustentado dentro do município de Guarapuava por basaltos hipovítreos. São áreas importantes e já descritas em outros trabalhos como sendo ácida. Até 2008 este planalto é citado na maioria das bibliografias como expressão geomorfológica de derrames ácidos, quando na verdade é sustentado por derrames tardios de basaltos hipovítreos como mostra o mapa geomorfológico anexo.

Arioli (2007; 2008), em seus trabalhos de campo para a confecção da carta Geológica do estado do Paraná reconhece este planalto como sendo sustentado pela unidade JKSG 3, o derrame básico mais jovem da área de estudo.

Ressalta-se que, mesmo em climas úmidos estes basaltos são bastante resistentes a erosão devido à presença de vidro vulcânico em sua composição, o que torna a rocha mais resistente as intempéries.

Desta forma, a geomorfologia do município configura-se por blocos planálticos que variam de 850 a 1120 metros quais aparecem no reverso da escarpa da esperança, *cuesta* denominação regional da Serra Geral no estado do Paraná (RIBEIRO, 1989; MAACK, 2002).

Estes blocos são compartimentados pela ação combinada da tectônica e o trabalho erosivo da drenagem, que se desenvolve no sentido geral Leste-Oeste em uma paisagem de relevo suavemente ondulada marcada por áreas altas e planas,

os platôs (RIBEIRO, 1989). As figuras 18 e 19 apresentam formas de relevo relacionadas à sucessão de derrames.

A altitude no município fica em torno de 1.120 m e a declividade dos terrenos na maior parte varia de 8 a 20% nas áreas onduladas e <3% nas áreas planas (VOLKMER & FORTES 2003). As áreas de maior inclinação estão localizadas na borda dos planaltos ou relacionadas à Escarpa da Esperança, nestas áreas a inclinação pode variar de 20 a 45%.



FIGURA 18- Formas de relevo relacionadas à sucessão de derrames. Riolitos sobrepostos aos basaltos.

Foto: Edison Ramos Tomazzoli, 2007.



FIGURA 19- Relevo e diferenciação de derrames. Áreas de cimeira representada pelas unidades ácidas. Enquanto que, nas áreas de vale afloram os basaltos.

Foto: Edison Ramos Tomazzoli, 2007.

4.1 ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS DO MUNICÍPIO DE GUARAPUAVA

Os aspectos morfoesculturais segundo Casseti (2001) compreendem os grandes traços determinados pela tectônica e eventos morfoclimáticos sendo reconhecidos através das condições topomorfológicas e compartimentados como:

- 1) Planaltos;
- 2) Planícies;
- 3) Depressões.

No caso do município de Guarapuava a morfologia dos terrenos é marcada por planaltos separados por uma grande escarpa localizada a Leste do município, no limite municipal. Esta é a mais expressiva feição, uma vez que limita o Segundo do

Terceiro Planalto paranaense, reconhecido como planalto Sul de Guarapuava (Tabela 4).

Ocupando 2/3 da superfície do estado do Paraná, a evolução do modelado do relevo do Terceiro Planalto Paranaense é influenciada pelas características climáticas, geoquímicas, petrográficas, tectônicas, erosivas e hidrográficas, associadas aos derrames vulcânicos que conformam hoje a Formação Serra Geral da Bacia do Paraná. (VOLKMER & FORTES, 2003).

O Arco de Ponta Grossa, teve grande influência na configuração do relevo e no redirecionamento da drenagem, pois ele forçou a reestruturação tectônica de toda a borda paranaense da Bacia Sedimentar do Paraná, sob forma de uma meia abóboda de tipo macrodômica, que durante o soergimento do conjunto estrutural conduziu aos complexos processos desnudacionais, responsáveis pela elaboração dos três planaltos paranaenses (AB'SÁBER, 2003), transformando as estruturas paleozóicas, e parcialmente, as mesozóicas, em um "capeamento abaulado e densamente cizalhado" (AB'SÁBER, 1998).

O intenso fraturamento paralelo ao seu eixo, que ocorreu na transição do Jurássico para o Cretácico teria sido responsável pelo enxame de diques e *sills* de diabásio, que registraram no terreno uma faixa com largura entre 20 e 100km, coincidindo com a zona de falhas que se situa entre N40W e N55W. No entanto, a formação dos platôs soergidos em decorrência do abaulamento já mencionado, há de se considerar as depressões interplanálticas existentes nesta grande área de estudo. A formação destas depressões está atrelada, por vezes, a fatores epirogênicos, por rebaixamento erosivo ou por processos de dissolução, dependendo da área considerada (VOLKMER & FORTES, 2003).

Tais processos culminaram na compartimentação do terceiro planalto em quatro representativos blocos separados pelos Rios, Ivaí, Tibagi, Iguaçu e Piquiri. Os blocos são assim denominados como mostra a Tabela 5.

TABELA 5- Compartimentação do Terceiro Planalto Paranaense ou Planalto de Guarapuava.

Fonte: Maack (2001). Adaptado por Eliza do Belém Tratz, 2009.

Planalto (Bloco).	Localização	Cota altimétricas mínimas e máximas
Apucarana	Do reverso da Serra da Bufadeira até o Rio Paranapanema.	290 m. (Rio Paranapanema), 1100m, (Serra da Bufadeira).
Campo Mourão	Da testa da Serra da Boa Esperança, até o Rio Paraná.	1100 m.(Serra da Boa Esperança), 225m, (Rio Paraná).
Planalto de Guarapuava - Sul	Da cota de 1220 no reverso da escarpa Mesozóica, ou da Esperança até a base do cânion do Rio Paraná.	1220 m. (Serra da boa Esperança), 49m (base do <i>canyon</i> do Rio Paraná).
Araíporanga ou São Jerônimo.	Dos Rios Tibagi ao Rio Itararé.	1150 m. (cota) até 300 m, (Rio Paranapanema).

A borda do planalto de Guarapuava está localizada nos municípios de Prudentópolis e Inácio Martins sendo também denominada de planalto residual da Formação Serra Geral qual segundo Maack (2001, p.173) é

[...] Terceiro Planalto, ou Planalto de Guarapuava, é separado do segundo planalto pela cuesta marcante das rochas triássicas ou jurássicas da capa, – arenitos São Bento com o derrame de rochas eruptivas básicas – mostrando no seu plano de declive (a encosta da escarpa) chapadas e platôs dos lençóis de trapp da bacia do Paraná e as mesetas e suaves ondulações dos arenitos suprabasálticos mais recentes [...]

Pertencentes ao planalto de Guarapuava Sul configuram-se no município outras duas importantes unidades de relevo descritos neste trabalho como: Planalto e Planalto dissecado como mostra o mapa geomorfológico anexo.

A unidade dissecada compreende as áreas de rochas básicas da unidade inferior, JKSG 1 e JKSG2. É o planalto que apresenta maior dissecção, resultado da tectônica e do trabalho da drenagem (RIBEIRO, 1989). A origem desta unidade é atrelada a dissecção erosiva fluvial da unidade de planalto.

O segundo planalto, descrito neste trabalho como unidade planalto é constituído litologicamente por rochas ácidas e derrames recentes de basalto

hipovítreo. Esta unidade compreende a área dos platôs que são reconhecidos facilmente pelas imagens de satélite.

A unidade planalto é representada por três platôs já descritos por Nardy (1995; 2001; 2008) como, Platô de Pinhão, o maior em extensão (1776 km²), subordinadamente os platôs de Três Pinheiros com 1606 Km² e Entre Rios (401 Km²).

Estes platôs na área de estudo interdigitam-se compreendendo desta forma a unidade planalto, tendo em vista que são sustentados por rochas ácidas, as mais jovens, e basaltos hipovítreos os quais correspondem aos derrames básicos mais jovens. A carta geomorfológica em anexo mostra este planalto.

Além disso, configuram-se importantes elementos geomorfológicos, como as representativas bordas de patamares que marcam na cota de 980m, o contato entre as unidades ácidas e básicas do platô de Pinhão e na cota de 1020, o contato entre as unidades ácidas do platô de Entre Rios com os basaltos tabulares maciços.

No que tange às análises de comparação das formas de relevo com o substrato rochoso este tipo de trabalho é importante, pois é possível sobrepor às unidades litológicas sobre a morfologia do terreno em estudo facilitando a interpretação da relação litologia *versus* relevo.

Sendo assim, para o estudo da morfologia de Guarapuava foi considerado as formas de relevo e a declividade. Este estudo segundo Florenzano (2008 p.12), diz respeito

[...] aos aspectos descritivos (ou qualitativos) do relevo representados pela sua forma e aparência, como por exemplo, plano, colinoso, montanhoso. A superfície da Terra caracteriza-se por elevações e depressões que constituem o relevo terrestre, cujas macroformas são descritas por denominações convencionais como depressões, planícies, planaltos e montanhas [...].

Já para a simplificação de leitura das terminologias relacionadas ao relevo Florenzano (2008), propõe para descrições das formas do relevo, os termos, plano, suave ondulado, ondulado e fortemente ondulado. Diz o autor que o uso destes termos facilita a compreensão de outros especialistas além dos geomorfólogos, pois

permitted associating slope with relief forms. Table 6 expresses this association.

TABELA 6- Classes de declividade e associação com as formas de relevo.

Adaptado de Florenzano, T. G (2008). Organização: Eliza do Belém Tratz (2009).

Declividade	Tipo de relevo	Forma	Amplitude
< 3%	Relevo Plano	Planícies, terraços, tabuleiros e chapadas.	Varição de amplitude. Declividade baixa.
De 3 a 8%	Relevo Suave Ondulado	Colinas	Entre 20 e 60 metros e declividade baixa
De 8 a 20%	Relevo Ondulado	Morros e Morretes	Entre 100 e 200 metros os morros, os morretes entre 20 e 60 metros e declividade alta.
De 20 a 45%	Relevo Forte Ondulado	Morros e Serras	Serras acima de 200 metros e alta declividade.
>45%	Relevo Montanhoso	Serras	Acima de 200 metros. Declividade alta

For a better visualization of the geological and geomorphological aspects of the municipality, the MDT of the terrain (Figure 20) was generated.

MDTs, digital terrain models, or terrain elevation models (MDE), are of great importance for this study, which aims at characterizing the landscape based on morphological variables (VALERIANO, 2008).

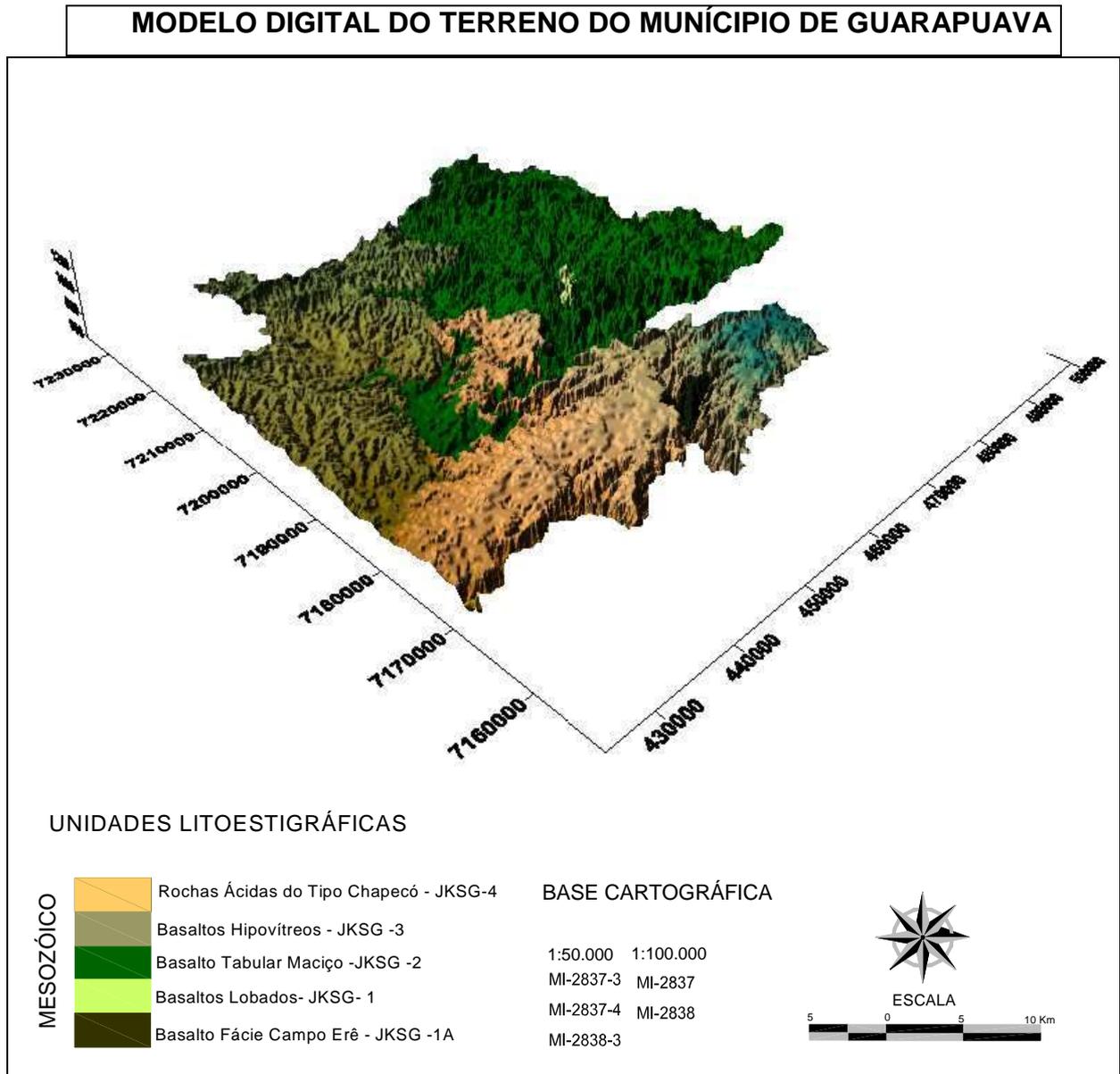


FIGURA 20- Modelo Digital do Terreno.

Organização: Eliza do Belém Tratz e Edison Ramos Tomazzoli, 2009.

A figura 20 mostra o MDT com as cores referentes ao mapa geológico da MINEROPAR superpostas. As áreas em marrom correspondem ao platô de Pinhão e Entre Rios, associado às rochas ácidas do Tipo Chapecó, sendo presentes na área quartzo-latitos, latitos, dacitos, riolitos e riodacitos. As áreas em verde mais claro, os basaltos hipovítreos, e em verde escuro, os basaltos tabulares.

A rede de drenagem é encaixante preferencialmente em planos de falha. Portanto, configurara-se retilínea, levemente curvilínea e em anfiteatro. Ainda configuram-se representativos vales em v e curiosas drenagens com padrão anelar

relacionadas às 11 estruturas circulares identificadas pela primeira vez no município conforme mostra as feições geomorfológicas no mapa geomorfológico anexo. Dentre os principais cursos d'água o Rio Jordão, Rio das Pedras, responsável pelo abastecimento do município e o Rio Pinhão.

Neste trabalho foram localizadas e mapeadas 11 estruturas circulares, com 1700 a 5.000 metros de diâmetro. Aparecem preferencialmente nas áreas onde estão localizado os contatos entre as unidades básicas, (basaltos tabulares maciços) com as rochas ácidas, subordinadamente aparecem em áreas de basaltos tabulares, unidades ácidas. Uma das estruturas mostra o contato entre os basaltos tabulares maciços com os basaltos lobados. A Tabela 7 mostra a localização das estruturas, litologia e tamanho. As mesmas podem também ser observadas na carta geomorfológica em anexo.

TABELA 7- Localização e tamanho das estruturas circulares encontradas no município de Guarapuava.

Organização: Eliza do Belém Tratz, 2009.

Coordenada UTM	Litologia	Diâmetro das estruturas circulares em metros.
X: 447812 Y: 7213016	Contato entre as unidades ácidas e básicas.	1.681 m.
X: 442145 Y: 7180897	Basaltos Hipovítreos	2.105m.
X: 458651 Y: 7207215	Contato entre ácidas e básicas/ basaltos tabulares	2.318m.
X: 447862 Y: 7186416	Contato entre ácidas e básicas/ basaltos tabulares	2.760m.
X: 471019 Y: 7184066	Basaltos tabulares	2.970m.
X: 466934 Y: 7189512	Basaltos tabulares	3.548m.
X: 462445 Y: 7186195	Basaltos tabulares	3.590m.
X: 460816 Y: 7190236	Contato entre ácidas e básicas/ basaltos tabulares	3.729m.
X: 462214 Y: 7193368	Contato entre os basaltos lobados e basaltos tabulares.	3938m.
X: 453363 Y: 7183822	Unidade ácida	4.013m.
X: 443927 Y: 7175847	Unidade ácida.	4.995m.

Tais estruturas caracterizam depressões atingindo até 50 metros de desnível. A dissecação da rede de drenagem nestas áreas apresenta padrão anelar, centrípeta. Por vezes, são delimitadas por lineamentos (falhas), que configuram-se circulares ou lineares (Figuras 21 e 22 e 23). Muitas vezes o magma tende a preencher as fraturas e falhas circulares da estrutura de colapso, dando origem a diques anelares (BINDERMAN, 2006). Há duas explicações para a origem de tais estruturas, uma delas, que seriam crateras de impacto formadas pela colisão de meteoritos ou mais provavelmente a estrutura preservada de caldeiras ou centros vulcânicos, uma vez que há agrupamento entre elas.

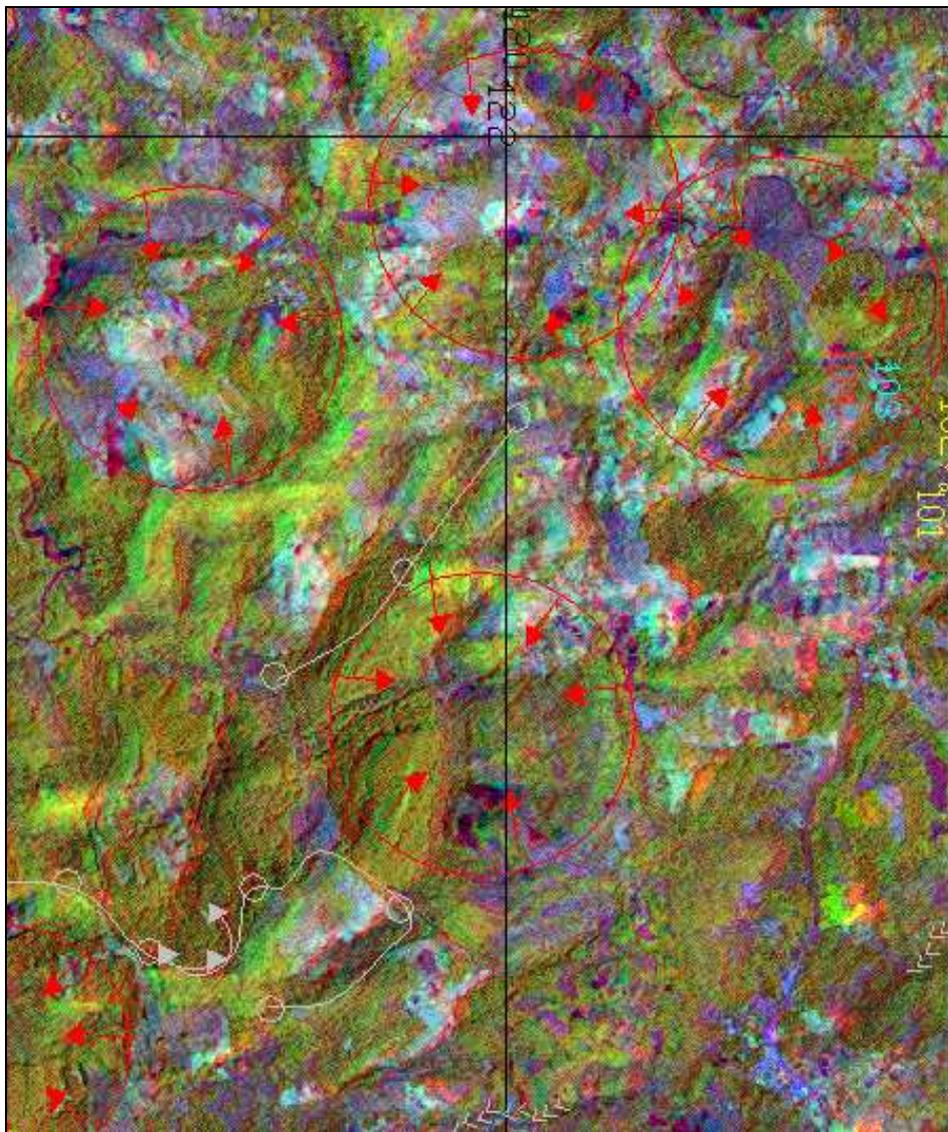


FIGURA 21- Agrupamento das estruturas circulares.

Fonte: Imagem ASTER. Banco de dados da pesquisa (imagem do tipo anaglifo, o relevo pode ser visualizado com óculos 3D, com lentes coloridas).



FIGURA 22- Estrutura Circular localizada no Distrito de Entre Rios.

Fonte: Google Earth. Localização da imagem X: 447812; Y: 7213016.

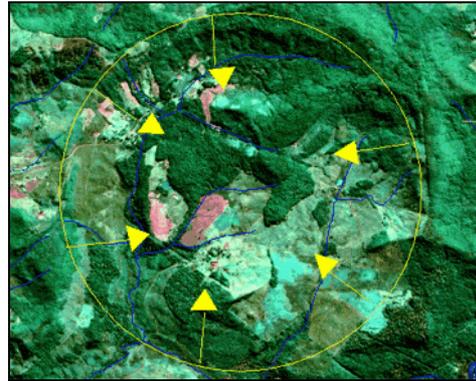


FIGURA 23- Estrutura circular delimitada na área de estudo.

Fonte: Ortoimagem Sensor SPOT5, resolução 30 metros. Banco de dados da pesquisa

1) Estruturas Circulares de origem meteorítica:

Estruturas circulares podem indicar cratera de impacto relacionada ao choque de meteoritos, cometas e asteróides. No mundo são mais de 170 crateras reconhecidas, cujo tamanho e grau de preservação é variado. A maioria destas estruturas são reconhecidas em terrenos estáveis e mais antigos, principalmente na América do Norte, Europa e Austrália. A mais famosa delas é a cratera de Barringer, a primeira a ser reconhecida no Estado no Arizona nos Estados Unidos (CRÓSTA, 2006).

No Brasil há o reconhecimento oficial de cinco crateras de impacto, o Domo de Araguinha, na divisa entre Mato Grosso e Goiás, Serra da Cangalha, localizada no estado de Tocantins, do Riachão no estado do Maranhão, Domo de Vargeão, em Santa Catarina, Vista Alegre no Paraná e Colônia, nas proximidades da cidade de São Paulo. O diâmetro destas crateras varia de 440 metros, caso de Colônia a 40 km no domo de Araguinha (CRÓSTA, 2004; CRÓSTA; 2006).

O autor ainda ressalta que há registros de outras crateras no Brasil, porém, é preciso estudos de melhor detalhe para a confirmação. Para que haja a confirmação de uma cratera meteorítica é preciso haver indícios, fragmentos meteoríticos.

Entretanto, nem sempre é possível o reconhecimento deste tipo de material ou por que as estruturas são antigas e já foram expostas aos processos erosivos, ou devido às condições físico químicas, (temperatura e pressão) no momento da colisão, que podem ser elevadas a ponto de destruir o material.

No caso de cometas, o material que os compõe, gelo e poeira cósmica não costumam deixar vestígios. Nestes casos a cratera é chamada de astroblema. Apenas as crateras menores e mais jovens podem conter ainda fragmentos do material de colisão (CRÓSTA, 2006).

2) Estruturas circulares: centros ou caldeiras vulcânicas:

No Brasil há registros de terrenos vulcânicos, caso da Formação Serra Geral da Bacia do Paraná, entretanto, raras são as caldeiras vulcânicas preservadas. No Brasil, a cratera mais famosa é a de Nova Iguaçu no Rio de Janeiro, descritas por Klein & Vieira (1984), porém há muitas controvérsias sobre a origem desta.

Franck et al (2008), também descrevem onze estruturas circulares ou levemente elípticas com diâmetros que variam de 80 a 340 m de diâmetro como sendo de colapso sobre rochas da Formação Serra Geral em Rio Grande na divisa de São Paulo com Minas Gerais. A descrição destas estruturas assemelha-se com as estruturas descritas no município de Guarapuava, apresentando, no primeiro caso diques anelares e padrão da drenagem anelar.

As estruturas de colapso são reconhecidas por depressões circulares. “Geomorfologicamente uma cratera vulcânica é definida como sendo uma estrutura circular negativa oriunda de erupções explosivas” (MAC DONALD, 1972). São estruturas de colapso desenvolvidas em regiões vulcânicas sobre câmara magmática cuja morfologia é caracterizada por apresentar estrutura circular de grande dimensão, variando de centenas de metros até quilômetros. Apresentam topografia rebaixada nas bordas e elevações íngremes em suas bordas (GLOSSÁRIO UNB).

Binderman (2006), ainda nos diz que estas estruturas podem apresentar-se de maneira simples, apenas uma cratera, ou composta, quando apresenta mais crateras, remetendo desta forma aos dutos vulcânicos.

Entretanto, Motoki (2007), ressalta que para a confirmação de uma cratera indicativa de caldeira vulcânica é preciso haver compatibilidade entre as características geomorfológicas e a geologia (litologia). Devido a esta incompatibilidade o mesmo autor contraria os estudos de Klain &Vieira (1984) e nega que a famosa cratera de Nova Iguaçu no Rio de Janeiro seja uma estrutura de colapso. Diz ele que, a feição está atrelada a erosão do vale, comum em climas tropicais e que as rochas, traquito intrudido por sienito são rochas grossas de mais para serem extrusivas. Por isso, é preciso ter cuidado antes de inferir a origem de tais estruturas.

4.1.1 Aspectos da unidade do planalto dissecado.

Esta unidade é constituída por basaltos tabulares maciços, (JKSG2) e os basaltos da unidade básica inferior, no caso, os basaltos lobados (JKSG1). Embora formada por litologias estratigraficamente mais antigas, essa unidade é mais recente e evoluiu da unidade planalto pela dissecação erosiva fluvial que se processou principalmente pelo entalhamento dos vales encaixados em falhas e fraturas.

O trabalho de erosão desenvolvido combinado as características das lavas que se assentaram no local configuram um relevo suavemente-ondulado a ondulado e, em alguns pontos próximos ao vale do rio São Francisco, a Leste do município ocorre relevo fortemente ondulado atrelados a Serra da Esperança. Nesta área ainda aparecem raras chapadas associadas à forma de empilhamento das lavas e erosão nas linhas de serra. Em Geral predominam os morros, morretes e colinas (RIBEIRO 1989; ROISEMBERG, 2001; WOLKMER & FORTES, 2002).

A interferência deste contato pode ser observada também nas redes de drenagem que se apresentam longas, retas ou levemente curvilíneas (NARDY, 1995). Assim como o trabalho da drenagem atuou para configuração atual do relevo

sabe-se também que os paleorelevos influenciaram na distribuição e empilhamento destas lavas, estando atrelada a estes a espessura dos derrames e até mesmo as formas.

Roisenberg & Viero (2000) afirmam que em áreas de paleovales a espessura dos derrames é maior, enquanto que em áreas mais elevadas a espessura dos derrames é de poucos metros. O que explica as diferenças de relevo.

Já Nardy (1995) afirma que a configuração suavemente - ondulada a ondulada destes terrenos ocorre porque as lavas assentaram-se sobre as dunas eólicas do paleodeserto Botucatu. Conservando desta maneira a paleoforma destas. A figuras 24 e 25 mostram as formas de relevo relacionadas ao Planalto dissecado onde há predomínio de relevo ondulado, associado às unidades das rochas básicas, JKSG1 e JKSG2.



FIGURA 24- Feições de relevo Suavemente-ondulado a ondulado.

Basaltos referentes à unidade JKSG2, basaltos tabulares maciços. Imagem captada do platô de Entre Rios, onde está localizada a cidade de Guarapuava, platô sustentado por rochas ácidas, JKSG5. Foto: Eliza do Belém Tratz, 2008.



FIGURA 25- Feições de relevo ondulado.

Áreas mais dissecadas, relacionadas às unidades básicas. Área suavemente ondulada. Foto: Eliza do Belém Tratz, 2009.

Como já citado, outro fator que influencia neste modelado é a resistência destas rochas a erosão, quando comparadas às unidades ácidas e até mesmo aos basaltos hipocristalinos elas são menos resistentes estando mais expostas as intempéries do tempo.

É neste planalto que estão localizadas as maiores e menores cotas altimétricas, as menores associadas ao nível de base dos canais e as maiores em média de 1220m na testa da Escarpa da Esperança (Serra Geral). São observados também pequenos planaltos com borda de patamar que aparecem preferencialmente a Leste do município, como mostra a carta geomorfológica no anexo 2. Outra característica do planalto de dissecação é a maior densidade em lineamentos relacionados a falhas e fraturas, os quais são aproveitados pela rede de drenagem configurando os vales na forma de v, representados também na carta geomorfológica. As figuras 26, 27 e 28 mostram vale em v e bordas patamares quais configuram os planaltos localizados a Leste do município.

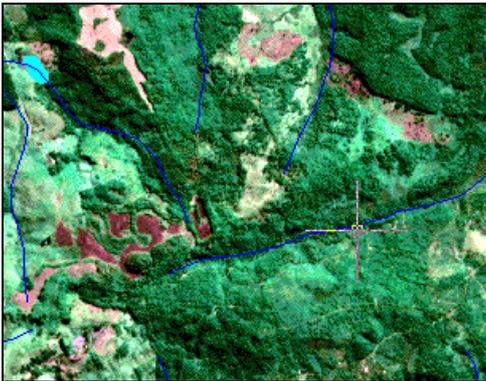


FIGURA 26- Afluente do Rio Jordão encaixado em plano de falha. Padrão de drenagem em treliça.

Fonte: Ortoimagem Sensor SPOT5, resolução 30 metros. Banco de dados da pesquisa.



FIGURA 27- Cotovelo no Rio Jordão indicando falhamento.

Fonte: Ortoimagem Sensor SPOT5, resolução 30 metros. Banco de dados da pesquisa.

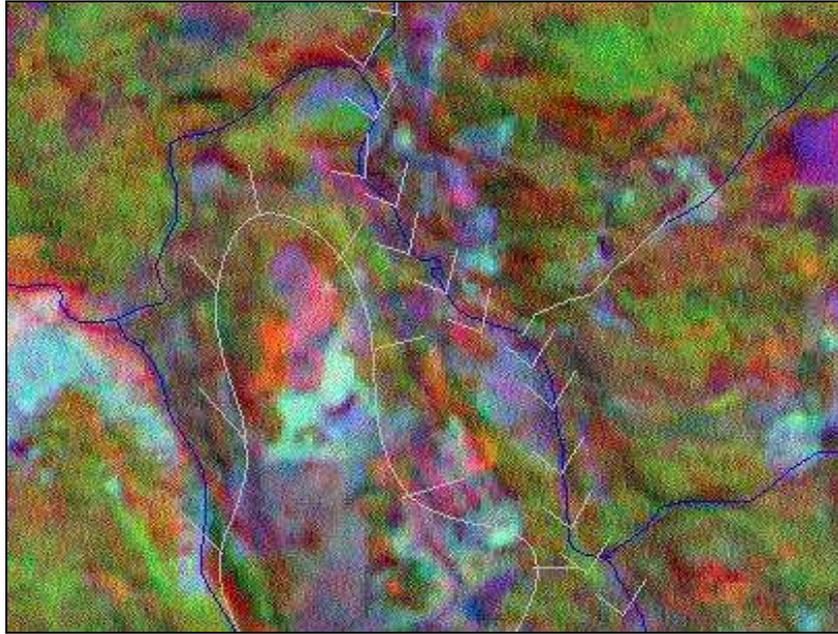


FIGURA 28- Borda de patamar e canal encaixado em plano de falha.

Fonte: Imagem ASTER (2008), banco de dados da pesquisa

A influência destes lineamentos causados por falhamentos pode ser observada também quando a drenagem assume forma retilínea ou ainda quando forma cotovelos (drenagem com padrão treliça), como mostra as figuras 27 e 28.

Nesta área aparecem os vales em v, que expressam o controle na drenagem, uma vez que estes vales aproveitam-se das falhas existentes. Ainda na área, as estruturas circulares e padrão de drenagem associado, conforme mostra os elementos geomorfológicos da carta (ANEXO 2).

4.1.2 Aspectos da unidade planalto.

A Geomorfologia desta área é marcada por três platôs que configuram a unidade planalto: o platô de Pinhão, de Entre Rios e de Três Pinheiros. Estes platôs são facilmente reconhecidos em imagens de satélite, tendo em vista seu relevo plano, sua extensão e textura. A Tabela 8 mostra as características destes platôs.

Estes altos topográficos são reconhecidos na literatura até 2008 como sendo associado às rochas ácidas do Tipo Chapecó, entretanto, apenas os platôs de Pinhão e Entre Rios são sustentados por rochas desta natureza conforme a tabela 6

que mostra também uma estimativa entre área e espessura média dos derrames específicos a cada platô.

TABELA 8- características dos platôs que compõe a unidade planalto.

Adaptado de: Nardy (2008) e Arioli (2008) por Eliza do Belém Tratz, 2009.

Platô	Composição	Área Km²	Espessura média
Pinhão	Rochas do Tipo Chapecó	1776	200
Entre Rios	Rochas do Tipo Chapecó	401	100
Três Pinheiros	Basaltos hipovítreos	1606	36

Contrariando as descrições feitas até 2008, a porção do platô Três pinheiros localizada dentro do município de Guarapuava é sustentada por rochas de natureza básica, derrames tardios de basaltos hipovítreos já descritos por Arioli et al (2008). A figura 29 mostra mapa de Nardy (2001), representando o platô de Três Pinheiros como sendo sustentado por rochas ácidas quando na verdade a porção pertencente ao município de Guarapuava é constituída por rochas de natureza básica.

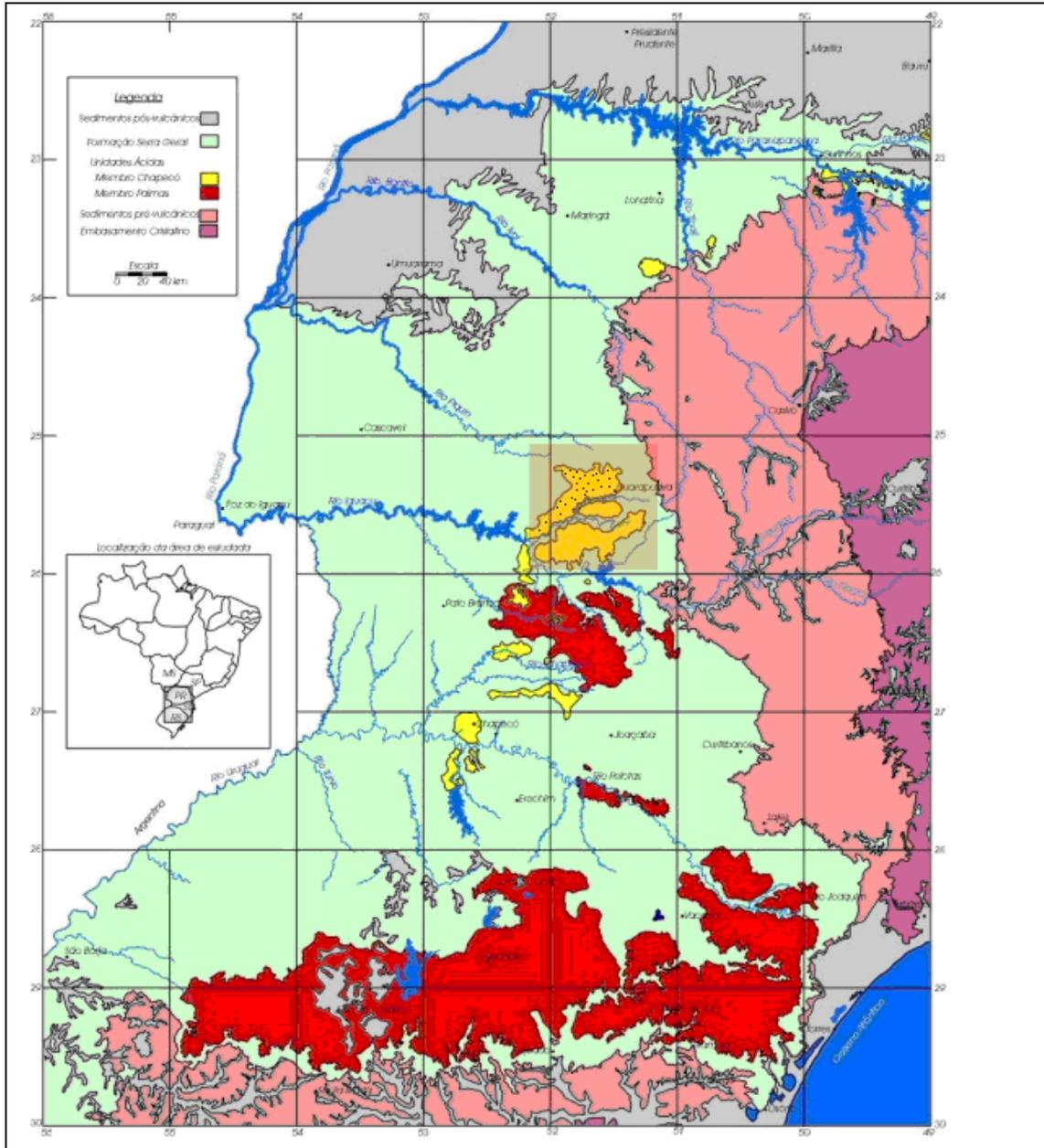


FIGURA 29- Platô de Guarapuava e Pinhão.

No retângulo marrom, área onde estão localizados os platôs de Guarapuava Pinhão e Entre Rios, sustentados segundo o autor por rochas ácidas. Entretanto, trabalhos de campo e análise da litologia comprovam que a área pontilhada é na verdade sustentada por basaltos hipovítreos. Fonte: Modificado de Nardy (2001).

É importante frisar que ao se interpretar apenas imagens de satélite ou imagens aéreas tal erro pode acontecer uma vez que as feições de relevo são muito semelhantes às dos platôs sustentados de fato por rochas ácidas, caso do platô de Pinhão e platô de Entre Rios que “expressam corpos tabulares e de grande extensão lateral” (Nardy, p. 181, 2008).

Além disso, os basaltos apresentam certa quantidade de vidro vulcânico em sua constituição o que numa condição de micro-clima mais seco assegura maior resistência aos processos de erosão em relação aos demais basaltos. São também, derrames tardios que configuram o topo dos basaltos maciços tabulares.

Em geral, o relevo nestas áreas é plano como já indica o termo platô, sendo identificadas quebras de relevo nas bordas de patamares onde são identificadas as áreas mais inclinadas, com declividades que variam de 20 até 45%, as quais são configuradas em maior parte por falhamentos geológicos.

Sobre os altos topográficos, Amaral & Crosta (1983) e Ribeiro (1989), afirmam que estas áreas apresentam-se dessa forma devido à sua maior resistência à erosão. “Essa resistência se exprime através de um modelado plano no relevo”, como nestas áreas. É comum a estas áreas a “baixa densidade de elementos texturais do relevo e rede de drenagem” (NARDY, 1995).

Portanto, os elementos geomorfológicos mais expressivos, são as bordas destes patamares, que marcam a 980 metros no caso do platô de Pinhão e Três Pinheiros o contato entre os termos ácidos e básicos, e na cota de 1020 o contato no platô de Entre Rios. Comprovando a influência destes derrames na conformação da paisagem.

Além disso, não há presença de pequenos patamares nestas áreas, a rede de drenagem configura-se em maior parte treliça e dendrítica, anelar quando relacionada às estruturas circulares. Há vales em v e drenagens em anfi-tatro localizados em áreas próximas as bordas de patamares, estas são controladas pela tectônica. A carta geomorfológica mostra tais elementos. As figuras 30 e 31 mostram as características da morfologia destes terrenos.



FIGURA 30- Extensas áreas planas que configuram os platôs.

Extensas áreas planas que configuram a paisagem dos platôs, aproveitadas para a agricultura. Nardy (1995) explica que as rochas do Tipo Chapecó evoluem para solos enriquecidos em ferro, cálcio e potássio, além de serem mais argilosos e espessos. Em consequência das características do solo a vegetação natural é mais densa. Foto: Eliza do Belém Tratz, 2008.



FIGURA 31- Altos topográficos.

Áreas mais elevadas e planas, onde está localizado o platô de Guarapuava. Paisagem sustentada pelas rochas ácidas do Tipo Chapecó.

Foto: Eliza do Belém Tratz, 2007

Nas bordas do platô, há uma ruptura de declive em forma de patamar devido à falhamentos, nestas áreas o relevo apresenta-se mais dissecado. Em campo é possível observar esta diferenciação do relevo devido à diferença entre os termos ácidos e básicos. Esta ruptura é marcada na cota de 980 m, caso do platô de Entre Rios e Três Pinheiros, e 1020 no caso de platô de Entre Rios.

4.2 ASPECTOS LITOLÓGICOS

4.2.1 Características das lavas básicas.

Basaltos Maciços – JKSG3

Os basaltos maciços representam a fase mais jovem do magmatismo básico na área de estudo e caracterizam-se por apresentar alto teor de TiO_2 (2,01- 4,29), dentre os basaltos da região é o mais denso apresentando valores de $3,0 \text{ g/cm}^3$. São derrames simples onde as rochas se apresentam de forma maciça de coloração que varia de cinza clara a cinza escura, a variação ocorre acordo com a área em questão (MARQUES & ERNESTO, 2000; ARIOLI et al, 2008).

As áreas de topo do derrame são caracterizadas pela presença de vesículas que podem ou não ser preenchidas. Quando vesiculadas, essas rochas apresentam coloração que varia de cinza a cinza escura. Por entre as vesículas, onde a rocha apresenta-se afanítica ou fanerítica finas, a coloração varia de cinza escura ao esverdeado. Enquanto que no topo desta seqüência, onde são encontrados os derrames de basalto hipovítreo, (reconhecido pela textura afanítica a finamente porfírica a vesicular) as nuances variam do cinza claro quando fanerítica a cinza escura com brilho resinoso quando afanítica (NARDY, 1995; WAICHEL, 2005; ARIOLI et al 2008).

Nestes derrames não há reconhecimento de zona vesicular de base estando esta zona restrita as áreas de topo do derrame onde as amígdalas são preenchidas por minerais pós magmáticos (ARIOLI et al 2008).

Em campo esta unidade pode ser reconhecida por suas características texturais e pelo tipo de disjunção predominante, no caso, tabular. Na maioria das vezes a granulação da rocha é média, ocorrendo em menor freqüência granulação afanítica, ou ainda fanerítica.

Por vezes a rocha apresenta tons avermelhados, resultantes da alteração (óxidos de ferro). Nas áreas de topo, vesículas esparsas e amígdalas. A mineralogia das amígdalas compreende celadonita, clorita, opala, quartzo, ametista. Ressalta-se que amígdalas de quartzo e celadonita são as mais representativas.

Arioli et al (2008), chama a atenção para as diferentes feições de diferenciação *in situ* como as soleiras, chaminés de basalto e gabros pegmatóides. Característicos ainda a esta unidade, feições de inflação, entablatura em leque, geodos e diaclasamento tabular.

Dentro do recorte estudado não houve o reconhecimento de entablatura em leque, ou caótica, estas localizam-se em municípios vizinhos como Chopinzinho e Inácio Martins. Comum a área de estudo o diaclasamento tabular e os geodos de ametista de baixa qualidade gemológica. Além de disjunções tabulares foi reconhecido em campo, nas áreas referentes aos basaltos hipovítreos, feições de

disjunção colunar mal definidas, como é mostrado nas figuras 32 e 33. A disjunção tabular segundo Arioli et al (2008, p.3)

[...] pode ser gerada por esforços compressivos, na base da zona vesicular de topo, por ação de fluxo de lavas tardio em relação à crosta endurecida de derrames já em processo de resfriamento. Por se associar a geodos de base achatada, como se observa abundantemente nos derrames tabulares da região, inclusive os produtores de ametista de Chopinzinho, as duas feições são tentativamente interpretadas como produtos de inflação dos derrames. Os geodos seriam produzidos pela coalescência de bolhas de fluidos, em ascensão dentro da lava confinada, ao encontrarem a barreira formada pela carapaça [...].



FIGURA 32- Basaltos maciços – BR-277.

Afloramento de corte de estrada apresentando basalto maciço, feições de diaclasamento tabular.

Foto: Eliza do Belém Tratz, 2009.



FIGURA 33- Disjunção colunar.

Disjunção colunar referente aos basaltos maciços hipovítreos.

Foto: Eliza do Belém Tratz, 2009.

Basalto maciço- hipovítreo

Assim denominados pela concentração de material vítreo que é maior e varia de 50 a 90 % nas áreas de topo e 10 a 50% no centro do derrame. Conforme já citado caracterizam o topo da seqüência referente aos basaltos maciços indicando derrames tardios, que ocorrem a Oeste da unidade ácida. A textura destas rochas varia de afanítica a finamente fanerítica, apresenta vesículas sem preenchimento e amígdalas preenchidas por diversos minerais já citados.

A coloração, quando fanerítica assume tons de cinza claro podendo ser confundida em análises macroscópicas com rochas intermediárias e até mesmo ácidas. Quando afaníticos apresentam tons de cinza-escuro e brilho resinoso (ARIOLI et al, 2008).

Ainda aparecem manchas avermelhadas resultantes da alteração do ferro como mostra a figura 34. Por vezes estas rochas são cortadas por diques centimétricos de arenito indicando injeção hidráulica de areia (figura 35).



FIGURA 34- Amostra de basalto hipovítreo apresentando óxidos de manganês.

Foto: Edison Ramos Tomazzoli, 2009.



FIGURA 35- Dique de arenito. Parte do dique é preenchido por calcedônia.
Foto: Eliza do Belém Tratz, 2009.



FIGURA 36- Basalto hipovítreo equigranular. Caracterizam o topo da seqüência dos basaltos maciços, ocupando extensas áreas a Oeste da seqüência ácida. Áreas com expressão de relevo parecida com a das unidades ácidas. A seqüência ácida limita-se com esses derrames.

Foto: Eliza do Belém Tratz, 2009.



FIGURA 37- Mineralogia das amígdalas.

Amígdalas preenchidas por celadonita, logo abaixo, pequeno geodo de quartzo. Veios preenchidos por celadonita.

Foto: Eliza do Belém Tratz, 2009.

As amígdalas encontradas nos basaltos hipovítreos são preenchidas principalmente por clorita, celadonita e quartzo, na seqüência aparecem amígdalas preenchidas por opala e calcedônia. Arioli et al (2008), ressalta que as amígdalas e vesículas de celadonita chegam a 30% a 40% do volume da rocha. Quando em lâmina apresentam textura glomeroporfirítica dada pelos microcristais de plagioclásio e clinopiroxênio que aparecem em tamanhos que variam de 1 a 3 mm em matriz vítrea caracterizada por ser fracamente anisotrópica (MINEROPAR, 2007). As figuras 36 e 37 mostram amígdalas preenchidas por celadonita, quartzo e veio de opala.

Basaltos Lobados – JKSG: 1 – Unidade Básica Inferior

Caracterizadas por rochas vulcânicas de natureza básica – intermediária. No caso da área de estudo, rochas básicas que assentam-se sobre os arenitos eólicos do paleodeserto Botucatu, apresentam espessuras que variam de 2 a 20 metros, comumente interdigitam-se com camadas finas de siltito e arenito de coloração avermelhada. No caso dos siltitos apresentam-se lenticulares e silicificados. Por vezes, apresentando estrutura vesicular (AROLI et al, 2008).

Nos contatos inferiores com a Formação Botucatu e nas porções superiores da JKSG1 ainda que raro é possível visualizar lentes de arenito cuja espessura não ultrapassa 1 metro e 4 metros de largura (NARDY, 1995). Lentes observadas dentro do recorte estudado onde, além das lentes é possível observar o contato entre o pacote do arenito Botucatu e a unidade básica inferior (JKSG 1).

Contato observado na divisa entre os municípios de Guarapuava, Prudentópolis e Turvo onde três derrames de basalto intercalam-se com os arenitos eólicos da Formação Botucatu. Tais contatos ocorrem em uma área de quebra abrupta de relevo, 196 metros de parede vertical onde está localizado o Salto São Francisco da Esperança. Nesta área ocorre a divisão do Segundo Planalto paranaense para o Terceiro, o planalto de Guarapuava. (Figura 38).

Na base da queda aflora o arenito Botucatu, (espessura de ± 15 metros) que apresenta estratificações plano- paralelas, indicando a existência de paleodunas, em

seguida, o primeiro derrame, com aproximadamente 54 metros de espessura seguido por um contato discordante-abrupto do pacote de arenito. Neste pacote, as espessuras variam de 10 a 25 metros. Separado por uma fina lente de arenito aflora o segundo e maior derrame (± 67 metros). Próximo ao topo da cachoeira o terceiro derrame com aproximadamente 50 metros de espessura, separado do segundo por fina lente de arenito (CAMARGO & BINDA, 2006). (Figura 38 e 39).



FIGURA 38- Salto São Francisco da Esperança

Foto: Eliza do Belém Tratz, 2009.

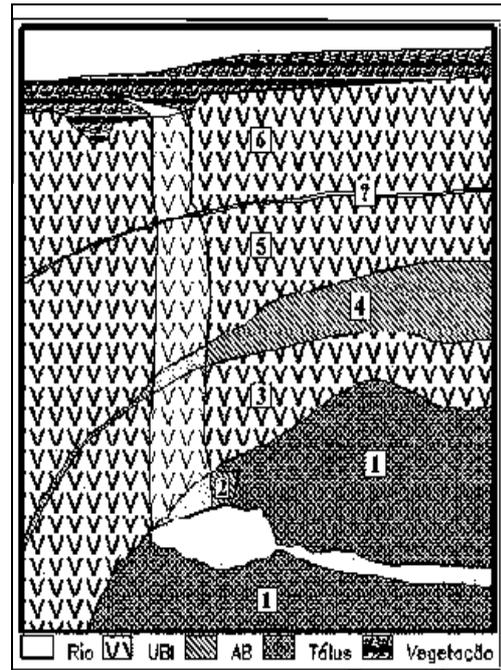


FIGURA 39- Contato entre a unidade JKSG 1, (UBI) com o Arenito Botucatu (AB) no Salto São Francisco.

Fonte: Binda, Andrey Luis (2006).

Dentro do município de Guarapuava a maior parte das rochas referentes à JKSG1 são representadas pela unidade faciológica dos basaltos lobados que ocorrem em pequenas áreas apresentando uma característica bem peculiar, feições de lava tipo *pahoehoe* como as descritas por Waichel (2006). Este tipo de feição também é descrita na literatura como estrutura de lavas em cordas, devido à semelhança de algumas feições a cordas que são pouco estudadas dentro do município, tendo o primeiro reconhecimento atribuído aos trabalhos de Arioli et al, (2008). Não há conhecimento de outros trabalhos que relatem este tipo de feição dentro do recorte estudado.

O termo *pahoehoe* é havaiano e significa em forma de corda. No caso, lavas em forma de cordas que se originam quando um magma bastante fluido “espalha-se como um lençol e uma fina película vítrea e elástica” solidificando-se. Entretanto, as lavas ainda em estado líquido continuam correndo por baixo desta superfície promovendo desta maneira o arraste da película vítrea e enrugamento da lava, que lembra cordas (PRESS; GROTZINGER; SIEVER & JORDAN, 2006).

[...] feições do tipo lava *pahoehoe*: isto é, lobadas, contorcidas e densamente vesiculares, chegando a escoriáceas [...] (ARIOLI et al, 2008,p.2).

Arioli et al (2008) explica que os basaltos lobados aparecem a Oeste da falha Goioxim, N60W e N50W. São basaltos com textura que varia de afírica a fracamente porfirítica. A granulação predominante é média podendo variar também de fanerítica grossa a afanítica. Comuns a estes afloramentos a presença de pequenos diques de arenito e brechas vulcanoclásticas o que garante aparência grosseira a rocha. As nuances desses basaltos variam de cinza escuro ao negro (NARDY, 1995). A figura 40 mostra feição de lava em corda enquanto que a figura 41 mostra camada de arenito. Comum às áreas onde ocorrem feições em corda metassedimentos.



FIGURA 40- Lavas *pahoehoe* em corda.

Foto: Eliza do Belém Tratz, 2009.



FIGURA 41- Camada de arenito sub-horizontalizada. Indicativo de intervalo nas atividades vulcânicas.

Foto: Eliza do Belém Tratz, 2009.

Em alguns casos esta unidade faciológica apresenta coloração vermelha escura com presença de amígdalas e vesículas preenchidas por calcita e quartzo nas áreas de topo - base.

Waichel (2005, 2006) explica que as lavas do tipo *pahoehoe* em corda e do Tipo P *pipe*, em tubo assemelham-se a lavas formadas atualmente no Hawai bem como, lavas características ao vulcanismo de platô como *Deccan* na Índia e *Columbia river*, nos Estados Unidos sendo caracterizadas por apresentar vesículas na forma de tubos, *pipes* e base maciça, apresentando superfícies lisas, onduladas ou em corda.

[...] As lavas do tipo *pahoehoe* são geradas em regime de baixa taxa de erupção e indicam um longo intervalo de tempo para a formação dos derrames [...] (WAICHEL, 2005, p.63).

É comum nesses derrames a formação de bolhas com finas paredes vítreas por onde se deu a expansão e liberação de gases. Ocorrem também veios de arenito, peperitos e brechas vulcânicas o que resulta em derrames lobados mais espessos.

As figuras 42 e 43 mostram lavas do tipo *pahoehoe*, apresentando vesículas alongadas em forma de tubo, lavas *pahoehoe* do tipo p *pipe*. As figuras 44 e 45 mostram material escoriácio e brechas vulcânicas entrecortando basalto maciço.



FIGURA 42- Lobo de lavas *pahoehoe* do tipo (p) entrecortando os basaltos maciços. BR-277 sentido Curitiba.
Foto: Eliza do Belém Tratz, 2009.



FIGURA 43- Foto ampliada das lavas *pahoehoe*.
Foto: Eliza do Belém Tratz, 2009.

Por vezes, as lavas de basalto lobado ocorrem por entre o basalto maciço (tabular), apresentando porções vesiculares e diques de arenito que chegam a 2 cm de largura.

A porção basal vesicular-amigdalóide é constituída por rocha com superfície de alteração bastante rugosa, bem característica. Há um grande número de amígdalas preenchidas por zeolitas e calcita. Enquanto que, as porções mais avermelhadas são constituídas pelo arenito com contatos arredondados e irregulares com o basalto vesicular, o que indica interação entre lava e sedimento ainda em estado líquido, tratando-se dos peperitos.

Waichel (2006), afirma que os peperitos são gerados em diversos ambientes onde o magmatismo e a sedimentação ocorre concomitantemente devido a interação entre as lavas e os sedimentos.

Simultaneamente ao processo que deu origem ao paleodeserto Botucatu, ocorreram os derrames de lava que caracterizam hoje a Formação Serra Geral (MELFI, 1988; BIGARELLA et al 1985; WAICHEL, 2006), o que explica a origem de

parte dos arenitos presentes nos peperitos encontrados no município de Guarapuava.



FIGURA 44- Interação entre lava-sedimento, os peperitos.

Encontradas no limite entre os municípios de Guarapuava e Cândói. Ocorrem intercalando derrames de basalto maciço, indicam interação entre a lava e sedimento ainda em estado líquido, caracterizando assim os peperitos. Foto: Eliza do Belém Tratz, 2006.



FIGURA 45- Foto aproximada da interação entre lava-sedimento.

Foto: Eliza do Belém

Do ponto de vista geoquímico estes derrames apresentam baixo teor de TiO_2 (0,94 e 1,72). Já os teores de SiO_2 segundo Nardy (1995), variam de $50,28 \leq \geq 53,73\%$.

Na área onde são encontrados os basaltos lobados ocorrem porções vesicular-amigdalóide com grande número de amígdalas associadas a diques de arenito com direção N/S 35 W o que representa intervalo no vulcanismo com deposição de material sedimentar e presença de topo-base de derrame vesicular.

Basaltos Campo Erê

Esta fácies foi descrita pela primeira vez por Freitas et al (2002) apud MINEROPAR (2007) quando este fazia reconhecimentos geológicos na região noroeste do Estado do Paraná e Oeste de Santa Catarina. No município de Guarapuava esta fácies ainda não havia sido reconhecida, portanto buscou-se a identificação dos derrames avermelhados, muitas vezes confundidos com rochas sedimentares do distrito de Entre Rios. A grande semelhança das lavas e local de

ocorrência, bem como interpretações de lâminas delgadas foi essencial para a confirmação desta fácies no município.

Os basaltos Campo Erê, são descritos por Waichel, (2006), MINEROPAR (2007), como sendo derrames densamente vesiculados, de textura dictaxítica (quando os cristais de feldspato aparecem sem orientação definida). A coloração das rochas varia de cinza-escuro a vermelho amarelado de aspecto arenoso. Ainda se relacionam a esta fácies os derrames em corda e lavas em bloco. A mineralogia das amídalas compreende principalmente carbonatos, Cu Nativo, celadonita e zeolitas.

Caracterizam-se por apresentar coloração avermelhada e de aspecto sedimentar. São bastante vesiculados, inclusive com vesículas na porção central do derrame onde foram reconhecidos expressivos veios de laumontita, mineral do grupo das zeolitas. Na base do derrame a presença de peperitos com amídalas de carbonato e opala.

No município de Guarapuava essa unidade ocorre no distrito de Entre Rios, sendo reconhecida na laje do Rio Pinhãozinho, onde ocorre queda d' água de 25 metros onde foram reconhecidos pela primeira vez. "Comum a esta fácies afloramentos na forma de laje e em leitos de drenagem"(MINEROPAR, 2007 p.29).

4.2.2 Unidades ácidas

As rochas ácidas encontradas no município são do Tipo Chapecó e aparecem a partir da cota 960, ocorrendo em áreas mais elevadas e planas, predominantemente no platô de Pinhão e Entre Rios. Essas áreas já foram descritas por Nardy (1995) e Wolkmer & Fortes (2003) como sendo sustentados principalmente por riocacitos, riolitos e quartzo-latitos e dacitos, rochas que ocorreram no final das atividades vulcânicas na área.

Esta unidade segundo Nardy (1995) apresenta espessuras que variam de 25 a 270 metros, na área de estudo, as maiores espessuras são registradas no platô de Pinhão, ao Sul do município (ver mapa – Anexo 1). Esta maior espessura pode "indicar zonas principais de alimentação vulcânica destas rochas na Região Central da Bacia do Paraná" (NARDY, 1995, p. 47).

Datam aproximadamente de 132 M.a, enquanto que os basaltos datam de $131,9 \pm 0,3$ M.a a 133 M.a. Ocorrem no Terceiro Planalto paranaense em cotas que variam de 860 a 1330 metros, nos altos topográficos, caracterizando os platôs. Nos limites SW estas rochas afloram a 1160 e 1100 metros, indicando basculamento para Sudoeste na região (CAMPOS, CORDANI KAWASHITA, SONOKI & SONOKI 1988, NARDY, 2005 e ARIOLI et al, 2008).

Quanto à textura caracterizam-se por apresentar textura porfírica com expressivos fenocristais tabulares de plagioclásio. Por vezes, exibem bandamento que é uma característica importante destas rochas. Estes são caracterizados pela alternância de bandas claras e escuras como mostra a figura 46. Nardy (1995, p.48) explica que:

[...] As bandas de cor mais clara, são caracterizadas pela sua atitude horizontal ou levemente inclinadas e de grande persistência lateral. São observadas em toda a extensão deste tipo de rocha, sendo que os espaçamentos entre elas se tornam menores à medida que se aproxima do topo ou base desta unidade [...].

A coloração destas rochas varia entre os tons de cinzas mais claros. Nas áreas de base, a rocha é avermelhada. Ariolli et al (2008, p.4) diz que

[...] a base da seqüência das rochas ácidas é formada por vitrófiro parcialmente desvitrificado e brecha de fluxo com menos de 1 metro aflorante, com blocos de riolito pórfiro, em matriz fluidal e maciça, sem a porosidade observada em outros afloramentos da área, recortados por veios centimétricos de quartzo hialino. A brecha passa a riolito plagiofírico, maciço de cor vermelho – tijolo, com plagioclásio euédrico (2, 5 mm) cinza-esverdeado passando a branco onde caulinizado [...].

Quando apresentam amídalas estas são revestidas principalmente por quartzo, celadonita e ágata. Foi observado também que em muitas fraturas há preenchimento por sílica e calcita e presença de brechas de falha.



FIGURA 46- Quartzo-Latitito apresentando bandamento de fluxo. Foto: Edison Ramos Tomazzoli, 2007.

Quanto ao quimismo a unidade ácida apresenta rochas com alto teor de TiO_2 pertencentes ao subgrupo Guarapuava, ($\text{TiO}_2 > 1,4\%$; $\text{P}_2\text{O}_5 > 0,4\%$; $\text{Rb} < 120$ ppm; $\text{Rb}/\text{Zr} < 0,2$) (MARQUES & ERNESTO, 2001).

Quando comparadas aos basaltos são rochas menos densas, os quartzo-latitos apresentam densidade de $2,5 \text{ g/cm}^3$, os riolitos $2,6 \text{ g/cm}^3$ enquanto que a densidade dos basaltos varia de $2,8 \text{ g/cm}^3$ a $3,0 \text{ g/cm}^3$.

Nardy (1995, 2008) descreve a seção desta unidade da seguinte forma:

Porção Basal: Observa-se a presença de brechas, com fragmentos angulosos de basaltos vesiculados e maciços e veios os quais apresentam cavidades alongadas de até 10 cm de diâmetro preenchido por zeolitas ou quartzo. Esta unidade encontra-se em contato concordante com os basaltos, entretanto, dificilmente observa-se o contato direto entre as rochas ácidas e o basalto.

Porção Central: Denominada pelo autor de porção principal em vista de ser a mais expressiva 80% da seção. Os dacitos, quartzolitos, riolitos e riodacitos apresentam-se porfíricos com cristais de plagioclásio de até 2 cm de comprimento. A estrutura é maciça ou apresenta bandeamento ígneo. Estes bandeamentos não estão atrelados pelo fluxo sofrido pela rocha e sim pela diferença no grau de concentração e compactação de voláteis, conforme Nardy (1995). As amídalas encontradas na rocha são preenchidas preferencialmente por quartzo e chegam até 1mm de diâmetro. Ainda é observado filetes de material negro ou castanho de até 5 cm de comprimento, constituídos por material vítreo o que indica derrame piroclástico.

Porção Superior: Comum a esta seção blocos arredondados de até 20 cm de comprimento e abundantes linhas de fluxo de coloração castanho-clara. Nesta seção os fenocristais de plagioclásio aparecem arredondados e rotacionados seguindo a direção de fluxo. Ressalta-se que esta porção não ultrapassa a 10 metros de espessura.

[...] Devido a sua heterogeneidade, e assim representar uma zona de maior facilidade de alteração, não é observada na maioria dos *plateaus* da região central da Bacia do Paraná. Sobreposta a esta seção, observa-se uma seqüência de rochas básicas de até 250 metros de espessura, caracterizada por sua natureza hipohialina, de coloração negra com fraturamento horizontal/vertical cerrado, presença de fraturas conchoidais caracterizando verdadeiras obsidianas [...] (NARDY, 1995, P.245).

Trabalhos de campo mostraram que, esse perfil esquemático com as três seções da unidade ácida é observável na região de Entre Rios (platô de Pinhão) em uma cachoeira com desnível de pelo menos 50 metros (mostrada na Fig. 52). Esse

perfil encontra-se dentro de uma das feições circulares descritas no item 4.2. Aí pode-se observar as seções citadas, sendo elas, a unidade de base, porção central e porção superior. Na primeira seção, observa-se a presença de brechas (Figura 49). Ocorrem também rochas avermelhadas compostas por porções escuras de basalto afanítico envoltas por porções mais claras constituídas por rocha ácida afírica de granulação fina (Fig. 47). Observa-se que os contatos entre essas duas fases são bastante sinuosos e “embaiados” sugerindo uma interação do tipo magma *mingling* entre esses dois termos magmáticos.



FIGURA 47- Feições da mistura magmática entre basalto (porções escuras e rocha ácida (porções claras)).

Foto: Eliza do Belém Tratz, 2009.

Logo acima ocorrem blocos arredondados de rocha bastante vesiculados e leves, constituindo pedras-pome. Por vezes, nestes blocos aparecem amídalas preenchidas por zeolitas ou com as paredes revestidas por quartzo (Figura 48). No caso das zeolitas os cristais chegam a 5 cm. No contato desta seção basal com a porção central ocorre camada com até 1,5m de siltito arenoso cor avermelhada que está sobreposto por novo pacote de rochas vulcânicas ácidas em cujo contato, observa-se expressivo filete de coloração negra (Fig. 49). Esta seção apresenta espessura de aproximadamente 3 metros.



FIGURA 48- Zeolitas.

Foto: Eliza do Belém Tratz, 2009



FIGURA 49- Contato entre brecha e filete de vidro vulcânico.

Foto: Eliza do Belém Tratz, 2009.

Na porção central (aproximadamente na metade da cachoeira) que apresenta aproximadamente 30 metros de espessura a rocha ácida púrfira apresenta expressivo bandamento sem presença de amídalas ou vesículas. Na matriz da rocha é observada, microscopicamente, material vítreo circundado por material mais claro provavelmente de maior cristalinidade (Figura. 50 e Figura 51). Observa-se também bandamento de fluxo (Figura. 51), podendo tratar-se de fluxo piroclástico.



FIGURA 50- Bandamentos associados à porção central da seção.

Foto: Edison Ramos Tomazzoli, 2009.



FIGURA 51- Feição de fluxo.

Foto: Eliza do Belém Tratz, 2009

Sobre esta seção ocorre uma rocha ácida afanítica sem a presença de fenocristais apresentando cor castanha. No topo a rocha é vesiculada e não exhibe bandamentos expressivos. Notam-se também linhas de fluxo. Esta seção é pouco expressiva em espessura, estando restrita apenas ao topo do afloramento. Fato curioso é que a área descrita está localizada em uma depressão circular caracterizada por drenagem de padrão anelar que pode indicar antiga caldeira ou centro vulcânico (figura 52).



FIGURA 52- Topo da seção.

Foto: Edison Ramos Tomazzoli, 2009.

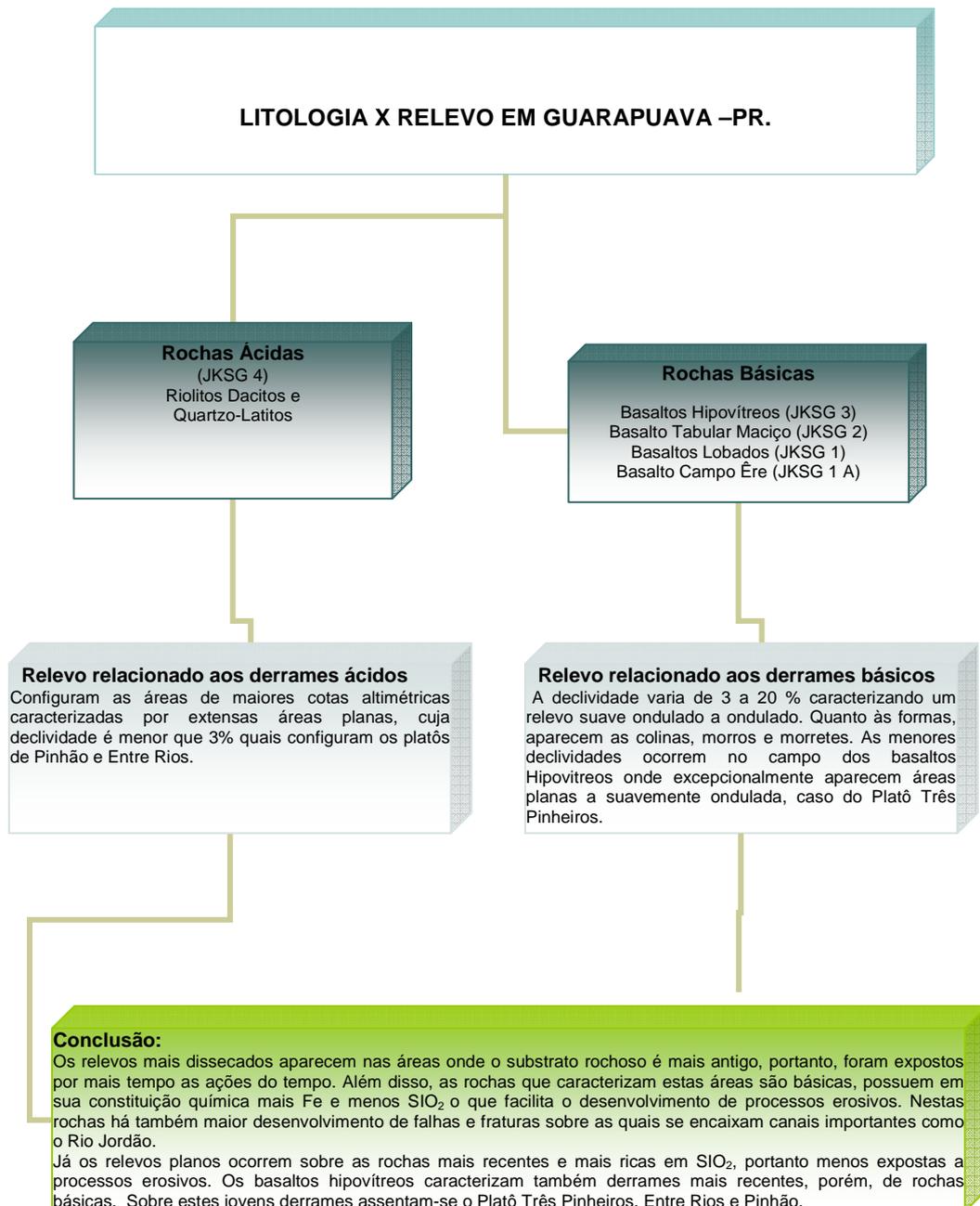
Discussão

O levantamento litoestratigráfico apoiado pela caracterização petrográfica é de fundamental importância para avaliar os aspectos da paisagem de dada região, pois, traz informações sobre sua origem e conformação.

No caso, revelou que os derrames ácidos configuram a paisagem local com extensas áreas planas que se estendem pelas maiores cotas altimétricas, o platô de Entre Rios, Pinhão e parte do platô de Três Pinheiros, que é margeado por áreas com relativa dissecação devido às diferenças de espessura e da sucessão dos derrames cujas formas são representadas por colinas, morros e morretes dando uma expressão suave - ondulada ao terreno como mostra o organograma 1.

ORGANOGRAMA 1- Comparação das unidades litológicas com as características do relevo de Guarapuava.

Organização: Eliza do Belém Tratz, 2009.



Neste sentido, a elaboração do Modelo Digital do Terreno o MDT, auxiliou na visualização dos contatos geológicos sobrepostos às formas de relevo, facilitando a interpretação da configuração geológica-geomorfológica da área. Enquanto que, análises de detalhe da litologia explicam as diferenças de relevo atreladas as características petrográficas e litoquímicas das lavas.

Desta maneira, o presente trabalho revelou que, as diferenças de relevo no município de Guarapuava não ficam restritas apenas às diferenças proporcionadas entre os termos ácidos e básicos e que existem relevos planos caracterizados pela unidade básica dos basaltos hipovítreos principalmente na área do Platô Três Pinheiros. Esses derrames tardios caracterizam as áreas de cimeira básica. Os basaltos hipovítreos são rochas que apresentam boa resistência a erosão.

Além disso, essas rochas ocupam áreas de cimeira não somente por sua maior resistência a erosão, mas, por ser o derrame mais jovem da formação Serra Geral, com características de jazimento diferente das unidades básicas. Foram as últimas rochas a se posicionar sobre unidades litológicas pré-existentes. Além disso, podem apresentar uma superfície de erosão/exumação, abaixo das camadas de rocha ácida, estratigraficamente dispostas acima.

Há também outros fatores que atuam no modelado do terreno, como paleo-relevos, diferença na espessura entre os derrames e é claro, as diferenças químicas e de jazimento de cada unidade litológica. Fatores que combinados a ação das intempéries e do tempo podem caracterizar relevo diversificado.

Como exemplo, basaltos maciços são menos resistentes que os basaltos hipovítreos, ainda assim, menos resistentes que as rochas ácidas que expressam melhor resistência a erosão por conta da maior concentração em minerais estáveis como o quartzo na sua composição mineralógica.

Tais diferenças na estrutura dos derrames, seja ele ácido ou básico ainda instigam perguntas do tipo, houve diferenciação no vulcanismo responsável pelo extravasamento das lavas originando litotipos diversificados na unidade ácida? O modelo de extravasamento e solidificação dessas lavas foi o mesmo das lavas básicas. E as lavas *pahoehoe* são mais um indício dessa diferenciação? Qual a origem das estruturas circulares?

5. DETALHAMENTO PETROGRÁFICO E GEOQUÍMICO DO MUNICÍPIO DE GUARAPUAVA

As rochas que compõe a Formação Serra Geral são subdivididas de acordo com seus aspectos geoquímicos e de jazimento, dados essenciais para a localização espacial das mesmas. Comumente estas rochas são subdivididas em termos ácidos e básicos, dependendo da quantidade de sílica na rocha.

Entretanto, faz-se necessário saber e entender quais outras associações mineralógicas ocorrem na rocha, importantes para responder qual é o tipo de basalto de uma dada área, ou quais as rochas ácidas identificadas no município.

Assim como as associações mineralógicas, a textura da rocha deve ser observada como um todo, pois traz dados pertinentes sobre a origem, composição, ambiente de formação e até mesmo sobre a evolução da área estudada.

Deste modo, o presente capítulo apresenta os resultados das análises petrográficas realizadas para a identificação das litologias presentes no município, no caso, os resultados foram obtidos através de microscopia óptica e análises químicas. Foram importantes para a confecção das cartas geológica, e para comparação dos aspectos geológicos com os aspectos morfológicos, uma vez que estas análises permitem melhor visualização da textura da rocha e suas associações mineralógicas.

A partir dos resultados foi determinado que as litologias presentes no município são: quartzos- latitos, riolitos, basaltos tabulares maciços, basaltos lobados, hipovítreos e basaltos que se assemelham ao Campo Erê, descritos por Waichel (2006) na região central do Estado do Paraná, esse último, ainda não descrito no município. Foram analisados também, os materiais provenientes da interação, lava-sedimento, os peperitos. Sendo assim, a análise de detalhe dos constituintes da rocha permitiu a identificação das seguintes litologias:

Unidades básicas

- 1) Basaltos hipovítreos – JK SJ-3;
- 2) Basaltos Tabular Maciço – JK SG-2;
- 3) Basaltos Fácies Campo Erê;
- 4) Basaltos Lobados.

Unidades ácidas

- i. Dacitos;
- ii. Latitos;
- iii. Quartzo-latitos;
- iv. Riodacitos;
- v. Riólitos.

5.1 BRECHAS PEPERÍTICAS

Para ser considerado um peperito ou uma brecha peperítica é preciso que tenha acontecido a interação entre lava e sedimento quando ambos ainda estavam inconsolidados. Como evidências da inconsolidação, a ausência de agregados no grão, destruição das estruturas sedimentares no contato com o corpo ígneo bem como, presença de vesículas e fissuras na rocha e forma fluidal (SKILLING et al, 2002; WAICHEL, 2006). Waichel (2006, p.28) ressalva que

[...] Quando ocorrem associados com lavas estas brechas são constituídas por componentes sedimentares e ígneos geralmente gerados ao longo do contato entre os derrames e sedimentos inconsolidados [...]

Skilling et al (2002), ainda explicam que a interação entre lava e sedimento pode se dar em diversos ambientes onde concomitantemente ocorreu extravasamento da lava e sedimentação, estando os sedimentos associados a ambientes lacustres, como os descritos por Waichel (2006) na porção Centro Oeste do Estado do Paraná, a sedimentos marinhos, fluviais como descritos por Skilling et al (2004) na Califórnia nos Estados Unidos ou ainda a explosões freatomagmáticas.

Portanto, a análise das brechas peperíticas é uma importante ferramenta para a compreensão dos mecanismos de interação lava- sedimento e descrição dos ambientes onde ocorreu a intrusão das lavas no sedimento.

Skilling et al (2002 A) descreve os peperitos de acordo com a forma juvenil dos clastos, como blocos, ou fluidais. Explica ainda que a maneira com que estes clastos são misturados aos sedimentos depende dos seguintes fatores: 1) inflação ou circulação das lavas; 2) liquefação e cisalhamento as principais causas de dispersão e mistura dos sedimentos. Já a fragmentação dos clastos tem como principal fator: 1) a reologia dos magmas; 2) volume das lavas e dos sedimentos; 3) velocidade do magma e volume dos poros de água aquecida; 4) presença ou ausência de ondas de choque.

Skilling et al (2002) ressaltam que tais processos influenciam na forma dos clastos resultando em clastos com morfologia variada, apresentando-se planar, alongada, interconectada, irregular, globular, irregular fluidal, ou ainda mista quando compreende várias das formas já citadas. Comumente há o aumento destes clastos em direção a fonte emissora do magma. A morfologia dos clastos é exemplificada na figura 53.



FIGURA 53- Denominação da morfologia dos clastos segundo Skilling et al (2002) .(Peperito da área de estudo).

Foto: Eliza do Belém Tratz, 2009.

Quanto aos sedimentos estes podem ser afetada por desidratação, compactação, cimentação, vesiculação, cisalhamento, ou ainda a fusão durante a intrusão do magma (SKILLING et al, 2002 A).

Waichel (2006 A) ressalta que os clastos juvenis ainda são indicados pela textura glomeroporfirítica e presença de minerais como plagioclásio, piroxênio e olivina. Nesta fase é comum também efeito migling.

O efeito *migling* é descrito quando é notável o contato entre os sedimentos e as lavas, normalmente o basalto apresenta bordas arredondadas irregulares e festonadas indicando a intrusão das lavas quando os sedimentos estavam em meio sub-aquoso. As amostras das figuras 54 e 55 coletadas na área de estudo mostram efeito *migling*.

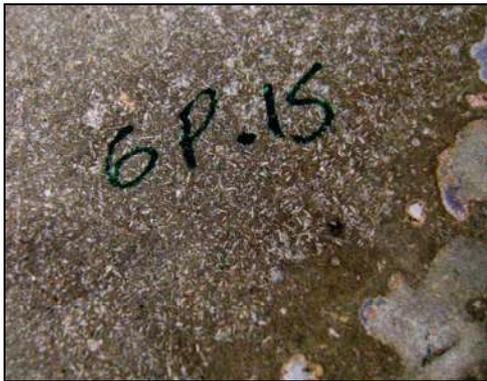


FIGURA 54- Contato visível entre as lavas basálticas e os sedimentos. Efeito *migling* indicando interação do magma - sedimento meio aquoso.

Foto: Eliza do Belém Tratz, (2009).

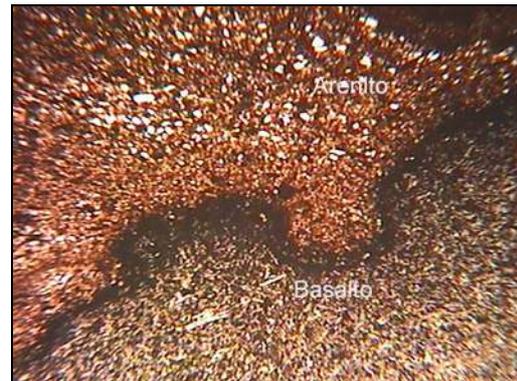


FIGURA 55- Fotomicrografia mostrando efeito *migling*.

No município de Guarapuava as brechas peperíticas ocorrem associadas principalmente nas áreas de contato entre os basaltos lobados, com os basaltos maciços hipovítreos. Fato curioso é que no ponto da coleta destas brechas é encontrada estrutura circular semelhante a estruturas de caldeiras vulcânicas.

Seguindo a metodologia proposta por Skilling et al (2002) a qual define a morfologia dos clastos ígneos na matriz sedimentar, as amostras analisadas com exceção dos peperitos de Entre Rios, apresentam morfologia mista, com maior concentração de clastos globulares, globulares alongados seguido de clastos irregulares e angulosos.

Por vezes, estes clastos aparecem interconectados e com morfologia estirada a superestirada. Comum nas amostras, vesículas ocorrerem tanto no basalto quanto nos sedimentos. A morfologia dos clastos somada às vesículas indica clastos juvenis. As figuras 56 e 57 mostram vesículas em brecha peperítica da área de estudo.



FIGURA 56- Amostra de brecha peperítica apresentando vesículas.
Foto: Eliza do Belém Tratz, 2009.



FIGURA 57- Foto ampliada da brecha onde são mostradas as vesículas.
Foto: Eliza do Belém Tratz, 2009.

Os clastos ígneos correspondem a basalto hemivítreo, apresentam estrutura amidalóide com pequenas amídalas arredondadas de argilominerais e clorita, com até 0,4 mm de diâmetro. São predominantemente afíricos, com textura predominantemente intergranular com trama característica de plagioclásios tabulares entre os quais ocorrem restos de piroxênio total ou parcialmente substituídos por óxidos/hidróxidos de ferro e magnetita/ilmenita. Em alguns setores, ocorre ainda uma massa contínua de óxidos/hidróxidos de ferro envolvendo os plagioclásios.

A mineralogia destes clastos compreende principalmente óxidos de ferro, até 75%, seguido de plagioclásio e piroxênio, 20% a 30%. É comum ainda amídalas de carbonatos quais chegam a compor até 3% da amostra, seguidas de calcedônia, 1%. Ainda aparecem argilominerais, 1% (clorita), muscovita e apofilita. Os maiores cristais são de plagioclásio, 1mm em média, respectivamente clorita 0,6mm, calcedônia e celadonita quais apresentam dimensão média de 0,5mm. As figuras 58 e 59 expõem amídala de carbonato e vesícula revestida por clorita.



FIGURA 58- Fotomicrografia mostrando amídala de carbonato no basalto. Luz polarizada (LP). Comprimento da foto=4 mm.

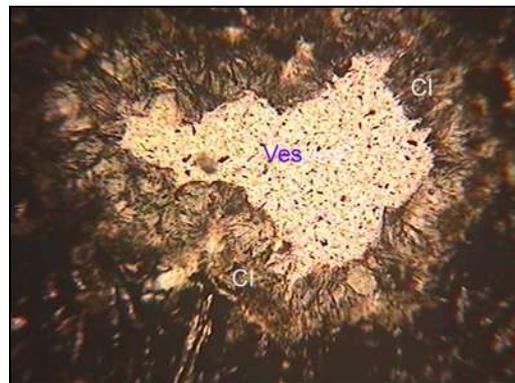


FIGURA 59- Fotomicrografia mostrando vesícula (Ves). A vesícula é revestida por uma película constituída por agregados de cristais fibrorradiados de clorita (Cl). Luz natural polarizada (LP). Comprimento da foto=1,4 mm.

No contato com os sedimentos estes clastos apresentam bordas irregulares com aspecto corroído, limitadas por concentração de minerais opacos, resultado do processo de desvitrificação, um indicativo de que o basalto interagiu ainda em estado líquido com estes sedimentos.

Há ainda restos de acamadamento sedimentar onde ocorre alternância entre camadas de granulação mais fina (siltito), e de granulação mais grossa respectivamente de arenito fino e médio com grano-decrescência. Observa-se deformação por dobras penecontemporâneas geradas no momento em que as lavas entraram em contato com os sedimentos em meio sub-aquoso como indicado pelas figuras 60 e 61.

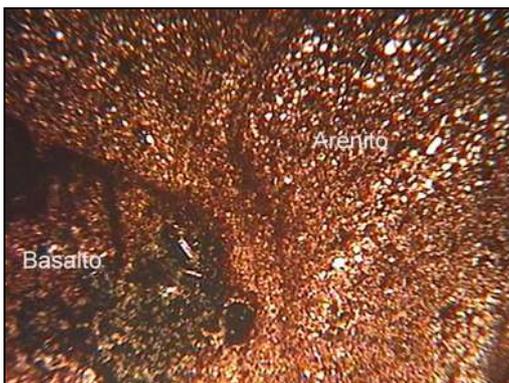


FIGURA 60- Fotomicrografia mostrando detalhe de uma porção basáltica em forma de gota. A porção de basalto encontra-se envolta pelo arenito exibindo acamadamento retorcido (deformação penecontemporânea). Luz natural polarizada (LN). Comprimento da foto=7mm.



FIGURA 61- Fotomicrografia mostrando a estrutura da brecha peperítica. A brecha apresenta com porções de basalto com bordas irregulares e arredondadas em contato com arenito exibindo acamadamento sedimentar deformado, caracterizado pela alternância entre camadas arenosas e de siltitito (camadas mais finas e escuras). Luz natural polarizada (LN). Comprimento da foto=7mm.

A matriz sedimentar é caracterizada predominantemente por grãos de feldspatos completamente substituídos por argila, (48%) composta por grãos de quartzo e feldspato, (30%), argilominerais (feldspato alterado 20%) e mica branca, 2%. As micas apresentam dimensões de até 0,3mm. Em geral, os grãos de quartzo apresentam-se angulosos, menos comumente, grãos arredondados.

Ocorrem também amídalas preenchidas por carbonato. A figura 62 mostra os aspectos texturais da matriz sedimentar enquanto que a figura 63 mostra amídala de carbonato no arenito.



FIGURA 62- Aspectos texturais e mineralógicos do arenito. Grãos predominantemente angulosos de quartzo (a grande maioria) e plagioclásio (Pl) em arranjo compacto. Luz polarizada analisada. Comprimento da foto=1,4mm.

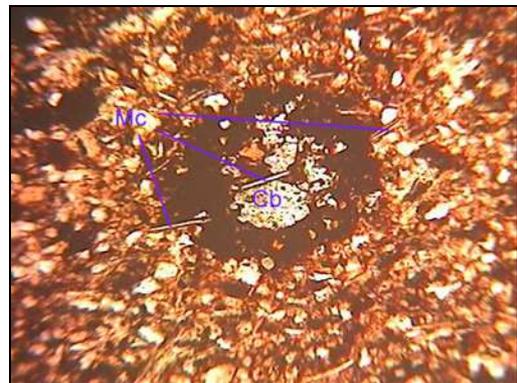


FIGURA 63-Fotomicrografia mostrando amídala de carbonato (Cb) no arenito. O carbonato está circundado por grande concentração de óxido/hidróxido de ferro (material escuro). Mica branca (Mc) ocorre como constituinte do arenito que circunda a amídala e também no interior dessa, mantendo sua orientação geral.

Nos sedimentos também aparecem resquícios de estruturas primárias, os acamamentos, caracterizados pela alternância entre camadas de silte, areia muito fina e fina. Comum ainda, fragmentos de siltito intercalados com as areias finas e posicionados internamente a camadas de areia fina de maneira semelhante a *clay balls* (Fig. 65) , indicam também deformação penecontemporânea. Assim como nos clastos ígneos há presença de vesículas que são preenchidas por argilominerais verdes e amídalas de carbonato indicando que os sedimentos estavam em estado sub-aquoso no momento de intrusão das lavas (64 e 65).



FIGURA 64- Amídala de argilominerais verdes (Amd) inserida no arenito entre os clastos ígneos de basalto. Luz natural polarizada (LN). Comprimento da foto=1,4mm.



FIGURA 65- Fotomicrografia mostrando fragmento de siltito acamado e dobrado por deformações penecontemporâneas cercado pelo arenito. Luz natural polarizada. Comprimento da foto=1,4 mm.

5.1.1 Peperitos relacionados aos Basaltos Campo Êre.

Os peperitos relacionados a estes basaltos possuem diferenciação nos aspectos texturais e mineralógicos quando comparados as brechas peperíticas do domínio dos basaltos lobados. Tais diferenciações ocorrem por conta da diferenciação química entre os clastos ígneos, estes provêm de lavas diferenciadas, e também do ambiente onde ocorreu a sedimentação.

A cor da matriz que envolve os clastos é marrom avermelhada assim como a cor que caracteriza estes basaltos, rocha afírica de textura intergranular fina/média com presença de plagioclásio tabular de dimensão de até 1,9 cm, circundada por minerais opacos provenientes de desvitrificação ou alteração hidrotermal de piroxênios, magnetitas/ilmenitas.

A mineralogia dos clastos ígneos é definida pela presença de plagioclásio, 30%, clinopiroxênio 10%, óxidos e hidróxidos de ferro, 40% e 20 % de amídalas de opala. Estes ainda exibem estrutura micro-amidalóide, com grande concentração de micro amídalas de opala, que exibem cor verde pálido em luz refletida como mostra a figura 66.

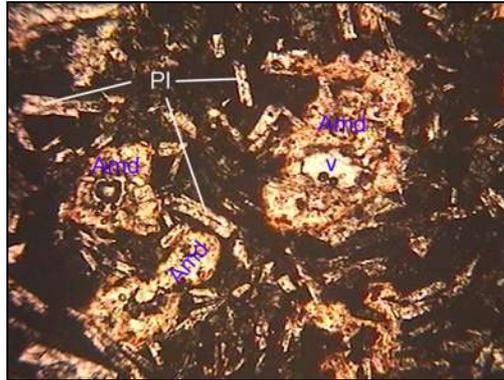


FIGURA 66- Fotomicrografia mostrando amídalas de opala.

Algumas amídalas (Amd), com porções vazias no centro (V), na rocha basáltica, constituída por trama de plagioclásios tabulares circundados por minerais opacos.

Os minerais presentes na matriz sedimentar são plagioclásios tabulares, quartzo, e amídalas de sílica. Nesta matriz as porções fragmentárias de arenito são dispostas segundo um alinhamento geral. As porções de arenito são irregulares e fazem contato com o basalto segundo bordas arredondadas, irregulares e festonadas, (*mingling*) entre a areia subaquosa e o magma basáltico. A descrição destes peperitos cruzadas aos aspectos litológicos e de terreno que os cercam foram fundamentais para algumas conclusões.

As brechas peperíticas identificadas no domínio dos basaltos lobados ocorrem associadas às lavas *pahoehoe*, lavas que segundo Waichel (2006), indicam intervalos nos pulsos vulcânicos, se há um peperito é porque houve tempo para a sedimentação da matriz, mais uma indicação de intervalo no vulcanismo. Cota mais acima no terreno foram encontradas camadas de arenito, houve de fato, significativo intervalo nas atividades vulcânicas, nas cotas mais elevadas, os derrames mais recentes de rochas ácidas e basaltos hipovítreos. Além disso, as brechas peperíticas são fundamentais para a compreensão dos processos de extravasamento de lavas que acercam a Formação Serra Geral da Bacia do Paraná.

5.2 UNIDADES ÁCIDAS

Como já mencionado neste trabalho as unidades ácidas presentes no município são do Tipo Chapecó, representadas localmente por quartzo-latitos e riolitos. Estas rochas segundo Arioli et al (2008) recobrem uma área de 2400 Km². Aparecem preferencialmente nas cotas mais elevadas, a 1100 e 1060 m a S e W do município, indicando basculamento tectônico para SW. No planalto, afloram a partir de 860 até 1330 metros.

Entretanto, o contato é definido predominantemente entre as cotas 960 e 980. Na porção Norte do Planalto de Guarapuava, a seqüência ácida faz contato abrupto com as rochas básicas através da falha N60°W, relacionada ao alinhamento Piquiri.

Neste contato tectônico as rochas básicas aparecem topograficamente mais elevadas que as unidades ácidas indicando a separação da região Central da Região Norte da Bacia do Paraná pelo alinhamento Piquiri. A figura 67 mostra o alinhamento Piquiri, falhamento responsável pelo aparecimento de unidades básicas em cotas mais elevadas.



FIGURA 67- Lineamento Piquiri – Imagem Landsat TM-234 - Região do Arco de Ponta Grossa.

Fonte: CPRM & MINEROPAR (2006).

Outro falhamento importante relacionado à esta unidade ocorre definido planos de orientação a N 40°W; 90°, a qual indica movimentação transtensiva sinistral indicada por brecha de falha de aproximadamente 5 cm como mostra a figura 68.

Petrograficamente estas rochas são descritas da seguinte maneira:

5.2.1 Quartzo-Latito e Dacitos.

Apresentam nuances que variam do cinza ao castanho avermelhado, há variação das cores na rocha por conta de expressivos bandamentos caracterizados pela alternância de camadas centimétricas ora acinzentadas, ora avermelhadas, como mostra a figura 69.



FIGURA 68- Brecha de falha.

Foto: Edison Ramos Tomazzoli, 2007.



FIGURA 69- Bandamento característico dos dacitos.

Foto: Edison Ramos Tomazzoli, 2007.

Importante frisar que a alternância nas cores em decorrência dos bandamentos não implica em diferenciação mineralógica por camadas, sendo a rocha caracterizada por apresentar em média, 10% de plagioclásio, 5% de feldspato potássico, 5% de clinopiroxênio, 5% de óxidos de ferro (magnetita), 2% de apatita, 2% de quartzo e 1 % de carbonato, quais aparecem em amídalas.

As dimensões dos componentes da rocha variam, sendo os maiores relacionados aos fenocristais de plagioclásio de dimensões que chegam a 5mm, seguido dos clinopiroxênios, (augita) de até 3mm, cristais de feldspato (até 2mm) , magnetita (até 1, 2mm), apatita (até 1mm), carbonatos até 1mm e quartzo, até 0, 4mm. Com exceção da apatita, que apresenta cristais prismáticos e incolores (Figura 71 e 72).

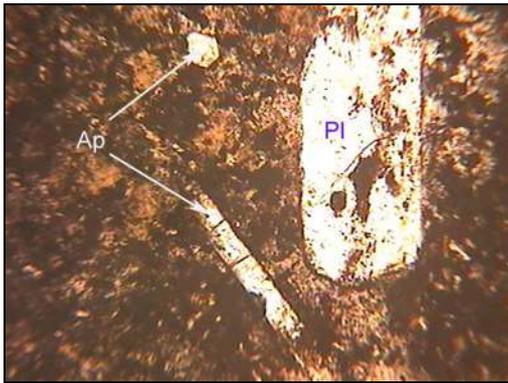


FIGURA 70- Fotomicrografia mostrando cristais de apatita.

Apatita – Ap - (abaixo, seção prismática; acima, seção basal) e de plagioclásio (Pl). Luz polarizada (L.N.). Comprimento da foto=2 mm.



FIGURA 71- Fenocristais de plagioclásio. Os fenocristais de (Pl) parcialmente substituídos por carbonato (Cb). Px=piroxênio. Luz polarizada. Comprimento da foto=4 mm.

A matriz destas rochas é composta por cristálitos e material vítreo apresentando baixa cristalinidade. Apresenta porções mais claras (de menor cristalinidade) circundadas por porções escuras (de cristalinidade alta) definindo uma estrutura pseudo-vitroclástica como mostra a figura 73. A figura 72 mostra textura vitroclástica, caracterizada por porções de baixo grau de cristalinidade (Vd) circundadas por porções mais cristalinas. Na figura 73 cristais de magnetita em meio à matriz hemivítrea.

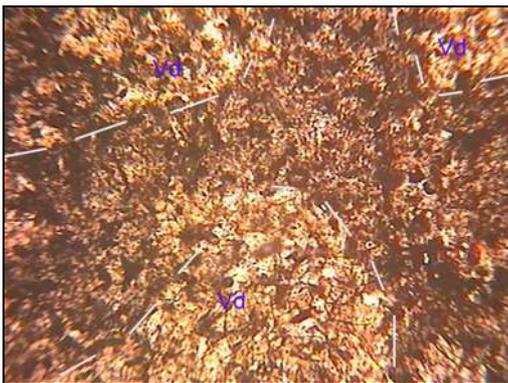


FIGURA 72- Fotomicrografia mostrando textura pseudo-vitroclástica. Luz natural polarizada (LN). Comprimento da foto=10 mm.



FIGURA 73- Cristal de magnetita.

Fotografia à luz refletida, tomada com lupa binocular, mostrando cristal de magnetita (Mn) com liberações de óxidos ferrosos avermelhados em seu entorno sobre matriz hemivítrea. Na matriz, as porções mais claras e escuras são as mesmas mostradas na Figura 72.

“Essa textura parece ser proveniente de processo de recristalização da matriz originalmente vítrea”. (TOMAZZOLI, 2009 – INFORMAÇÃO VERBAL). Texturas semelhantes foram descritas por Allen (1988) apud McPhie, J. (1993) como texturas pseudo-vitroclásticas, desenvolvidas por processo de desvitrificação ao longo de fraturas perlíticas curvas, que acaba preservando núcleos vítreos arredondados ou de variadas formas, circundados por material proveniente de desvitrificação.

5.2.2 Brecha de Falha.

Peroni (2003), explica que as brechas de falha são rochas compostas por fragmentos de dimensão variada e angulosos cimentados por fina matriz formada por minerais precipitados de fluidos sendo resultante da inter relação de processos deformacionais distensivos, de cisalhamento ou ainda compressivo.

Há de se considerar ainda as condições de pressão e temperatura sob diferentes taxas de distorção. Na área de estudo ocorre brecha de falha junto aos afloramentos de quartzo-latito localizados à margem da BR 466, nas coordenadas X: 449315; Y: 7199434. Esta brecha ocorre na direção N40°W; 90°.

Caracteriza-se por apresentar granulação grossa de estrutura maciça. A textura é fragmentária, apresenta fragmentos angulosos de quartzo e feldspato cimentados por óxidos de ferro. O quadro 4 mostra estimativa modal desta brecha de falha com os principais minerais constituintes. Já as imagens 74 e 75 mostram as características da brecha.

QUADRO 4- Percentual dos componentes da brecha de falha.

Brecha de Falha: Localização, coordenadas UTM: 449315; 7199434

Quartzo (fragmentos)	12%
Plagioclásio (fragmentos)	6%
Clinopiroxênio (fragmentos)	2%
Fragmentos da matriz hemivítrea	30%
Cimento de óxido ferroso	50%



FIGURA 74- Aspectos da Brecha de falha da Fig. 68.

Fotomicrografia mostrando aspectos gerais da brecha de falha. Fragmentos angulosos de quartzo (Qz), plagioclásio (Pl) e da matriz hemivítrea cimentados por óxidos ferrosos (material escuro). Luz natural polarizada (L.N.) Comprimento da foto=7 mm



FIGURA 75- Detalhes da estrutura da brecha de falha da Fig. 68.

Fotomicrografia mostrando detalhes da textura-estrutura da brecha de falha, como fragmentos angulosos de quartzo (Qz) cimentados por óxidos ferrosos (material escuro), juntamente com fragmentos da matriz da rocha ácida brechada. Luz natural polarizada. Comprimento da foto=4 mm.

5.2.3 Dacitos/Riolito.

A coloração destas rochas varia de cinza-claro a rosado, apresentam textura pórfira sendo composta principalmente por cristais de plagioclásio 10% como cristais de até 6mm e quartzo (10%) com cristais menores de até 2mm. Na seqüência feldspato potássico que compreendem em média 5% dos minerais presentes nas amostras analisadas. Os cristais do feldspato apresentam dimensões de até 4 mm. Ainda há presença de apatita (clinopiroxênio) e carbonatos que somados constituem em média 2% dos minerais.

Plagioclásios ocorrem em fenocristais tabulares euédricos, os clinopiroxênios como fenocristais prismáticos euédricos, porém, os cristais apresentam-se por vezes subédricos de coloração esverdeada. Os minerais opacos apresentam-se granulares ou cúbicos. As apatitas ocorrem em fenocristais menores, apresentam hábito prismático e o quartzo ocorre sempre associado à matriz que é felsítica e pode apresentar restos de vidro vulcânico em setores restritos. Por vezes, é notado o agrupamento dos fenocristais de plagioclásio e piroxênio indicando textura glomeroporfírica (Figura 76). A figura 77 mostra os cristais de apatita.

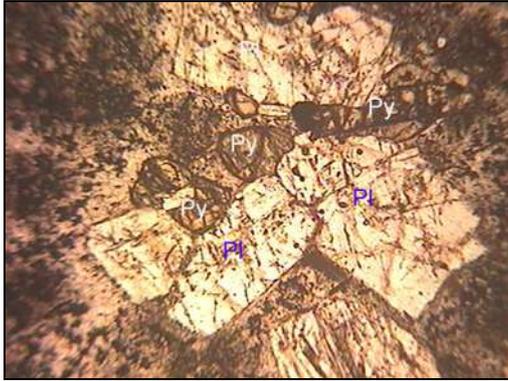


FIGURA 76-Textura do Riolito.

Fotomicrografia mostrando textura glomeroporfirítica formada pelo agrupamento de fenocristais de plagioclásio (Pl) e piroxênio (Py). Luz natural polarizada (LN). Comprimento da foto=4 mm.

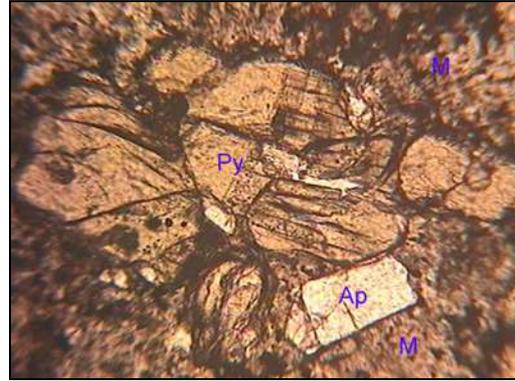


FIGURA 77- Cristais de apatita.

Fotomicrografia mostrando cristais de apatita – Ap - (abaixo, seção prismática; acima, seção basal) e de piroxênio (Py). Luz natural polarizada (L.N.). Comprimento da foto=2 mm

Diferente dos quartzo-latitos e dacitos, os riolitos apresentam discreto bandamento ígneo que também não implica em diferenciações mineralógicas entre os acamamentos. A figura 78 mostra os riolitos da Praça da fé, enquanto que a figura 79 mostra os discretos bandeamentos presentes nesta rocha.



FIGURA 78- Corte em antiga pedreira – Riolitos da Praça da Fé.

Foto: Eliza do Belém Tratz, 2009.



FIGURA 79- Tênuê bandamento ígneo nos riolitos da Praça da Fé.

Foto: Eliza do Belém Tratz, 2009

5.3 UNIDADES BÁSICAS

5.3.1 Basaltos tabulares maciços.

Na área de estudo o predomínio é dos basaltos tabulares maciços, rocha maciça de textura equigranular fina com coloração que varia do cinza ao cinza-escuro. Mineralogicamente é composto em média por 45% de plagioclásio (hábito tabular), 45% de clinopiroxênio (cristais prismáticos), 5% de óxidos de ferro e 5% de clorita como mineral secundário, proveniente da alteração hidrotermal de piroxênios. Os maiores cristais são os de clorita (até 1,5mm) respectivamente os de plagioclásio e óxidos de ferro (hábito granular) (até1mm).

As menores dimensões ocorrem entre os clinopiroxênios onde os cristais se apresentam com no máximo 0,5mm. Frequentemente estes litotipos apresentam amídalas compostas por quartzo, calcedônia, carbonato, clorita e argilominerais verdes (celadonita). As figuras 80 e 81 mostram as características mineralógicas da rocha.

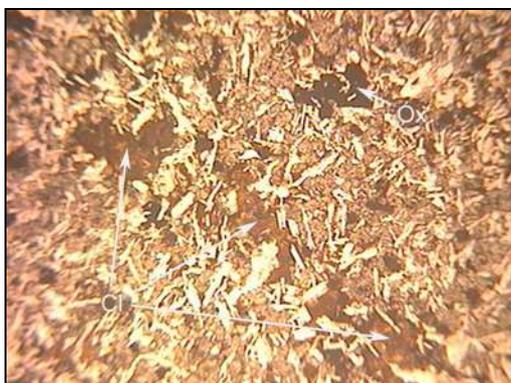


FIGURA 80- Fotomicrografia mostrando textura geral da amostra.

Cl=clorita, com disposição planar (em camadas/fraturas); Óx=cristal de magnetita/ilmenita envolvendo pequenos cristais brancos de plagioclásio. Luz natural polarizada (L.P.) Comprimento da foto=4 mm.



FIGURA 81- Fotomicrografia mostrando aspectos mineralógicos.

Cl=clorita, substituindo clinopiroxênio (Py). Óx=óxidos de Fe-Ti (magnetita/ilmenita); Pl=plagioclásio. Luz natural polarizada (L.N.). Comprimento da foto=1,4 mm.

5.3.5 Basaltos Hipovítreos.

São os basaltos mais jovens da região e ocorrem em cotas de até 1030 metros caracterizando o topo dos basaltos tabulares. A coloração destas rochas é mais clara quando comparada às demais lavas de caráter básico, assim como já descreveu Arioli et al (2008), só assumem tons de cinza mais escuro quando afanítico, em campo são reconhecidos por apresentar brilho resinoso.

A espessura destes derrames é de 36 metros em média e quando comparadas aos demais derrames apresentam material vítreo mais abundante (LOPES, 2008). Arioli et al (p.7, 2008) afirma que” estas feições sugerem inflação de derrames, com o basalto fanerítico representando fluxo canalizado de lava tardia”.

Assim como os basaltos tabulares os minerais predominantes são plagioclásio (40 %) e os clinopiroxênios anédricos (45%). Os demais minerais dizem respeito a opacos (óxidos de ferro). A diferença é que os basaltos hipovítreos apresentam maior número de amídalas e vesículas preenchidas por colorita, opala, celadonita, zeolitas e quartzo. (Figura 82 e 83). Nos plagioclásios os cristais não ultrapassam a 1, 2 mm e 1,1 mm nos piroxênios (ARIOLI et al, 2008 & LOPES 2008).



FIGURA 82- Basalto hipovítreo apresentando manchas de óxidos de Fe e amídalas de celadonita.

Foto: Eliza do Belém Tratz, 2009



FIGURA 83- Amídala de opala em basalto hipovítreo.

Foto: Eliza do Belém Tratz, 2009.

5.3.2 Basaltos Lobados.

Estes basaltos apresentam coloração que varia do cinza ao cinza escura, quando mais alterados exibem tons castanhos- avermelhados. Os aspectos texturais são distintos podendo esta rocha apresentar textura fracamente porfírica ou afírica de granulação média a grosseira. Ocorrem associados a estes derrames as lavas em corda e em tubo (lavas *pahoehoe*).

A mineralogia é definida pela predominância de plagioclásio, em média 45% e clinopiroxênios 40%, clorita 10%, quartzo, 1% e epídoto 1%. Por vezes ocorrem amídalas de carbonato. Nestes basaltos os cristais são maiores, podendo chegar a 2,2 mm caso da clorita e 2mm entre os plagioclásios e piroxênios.

Por vezes, estes basaltos ocorrem por entre os basaltos tabulares em camadas que chegam a mais de 40 cm (Figura 84). A figura 85 mostra lavas em tubo características dos basaltos lobados.



FIGURA 84- Lavas tipo (p), em tubo.

Camada (tubo) de basalto tubular com aproximadamente 20 cm de espessura, por entre o basalto fino.

Foto: Edison Ramos Tomazzoli, 2009.



FIGURA 85- Contato entre o basalto tubular e basalto maciço.

Fotomicrografia mostrando contato entre basalto tubular, de granulação grossa (à direita) com o basalto encaixante, de granulação fina (à esquerda). Pl=plagioclásio. Espessura (foto) 7 mm.

5.3.4 Basaltos Campo Erê.

São basaltos avermelhados, com minerais que exibem aspecto granular, semelhante a uma rocha sedimentar. Dentre os basaltos que ocorrem no município são os que apresentam mais amídalas e vesículas. No município este basalto ocorre no Distrito de Entre Rios, associado à laje do rio Pinhalzinho e a espessura do derrame não ultrapassa a 30 metros.

Estes basaltos quanto à textura apresentam aspecto sedimentar são associados a estruturas sedimentares, comuns a eles lentes, injeções de arenitos e brechas peperíticas (WAICHEL, 2006). Quando a mineralogia estes são compostos por zeolitas, carbonatos, celadonita e cobre nativo, ocorre ainda preenchendo amídalas opala, em algumas amostras analisadas chegam a preencher 20% dos componentes. A mineralogia dos clastos ígneos é definida pela presença de plagioclásio, 30%, clinopiroxênio 10%, óxidos e hidróxidos de ferro, 40% e 20 % de amídalas de opala. Estes ainda exibem estrutura micro-amidaloide, com grande concentração de microamídalas de opala, que exibem cor verde - pálido em luz refletida.

5.4. ASPECTOS GEOQUÍMICOS

Para esse tópico foram analisadas cinco amostras de rocha e solo (amostras Geosol, no anexo 4). Afim de comparar os dados das análises químicas realizadas com outras análises de rochas da região de Guarapuava, disponíveis na bibliografia, utilizou-se dados químicos de amostras dos seguintes trabalhos: Nardy et al. (2008), Lopes (2008) e Tomazzoli (2007). Essas análises estão listadas no Anexo 3.

5.4.1 Classificação Química das Rochas.

Os diagramas de classificação química da Figura 86 mostram que as rochas ácidas de Guarapuava analisadas (ANEXO 4) plotam no campo dos dacitos, no limite com os campos de traquiandesitos, traquidacitos e traquitos. No diagrama C desta figura, foram plotadas outras análises de rochas ácidas (círculos vazios) do Planalto de Guarapuava-Pinhão, apresentadas em Nardy (2008) – Tabela 9, e que coincidem com essa classificação. Análise de rocha básica, por sua vez, é classificada como basalto.

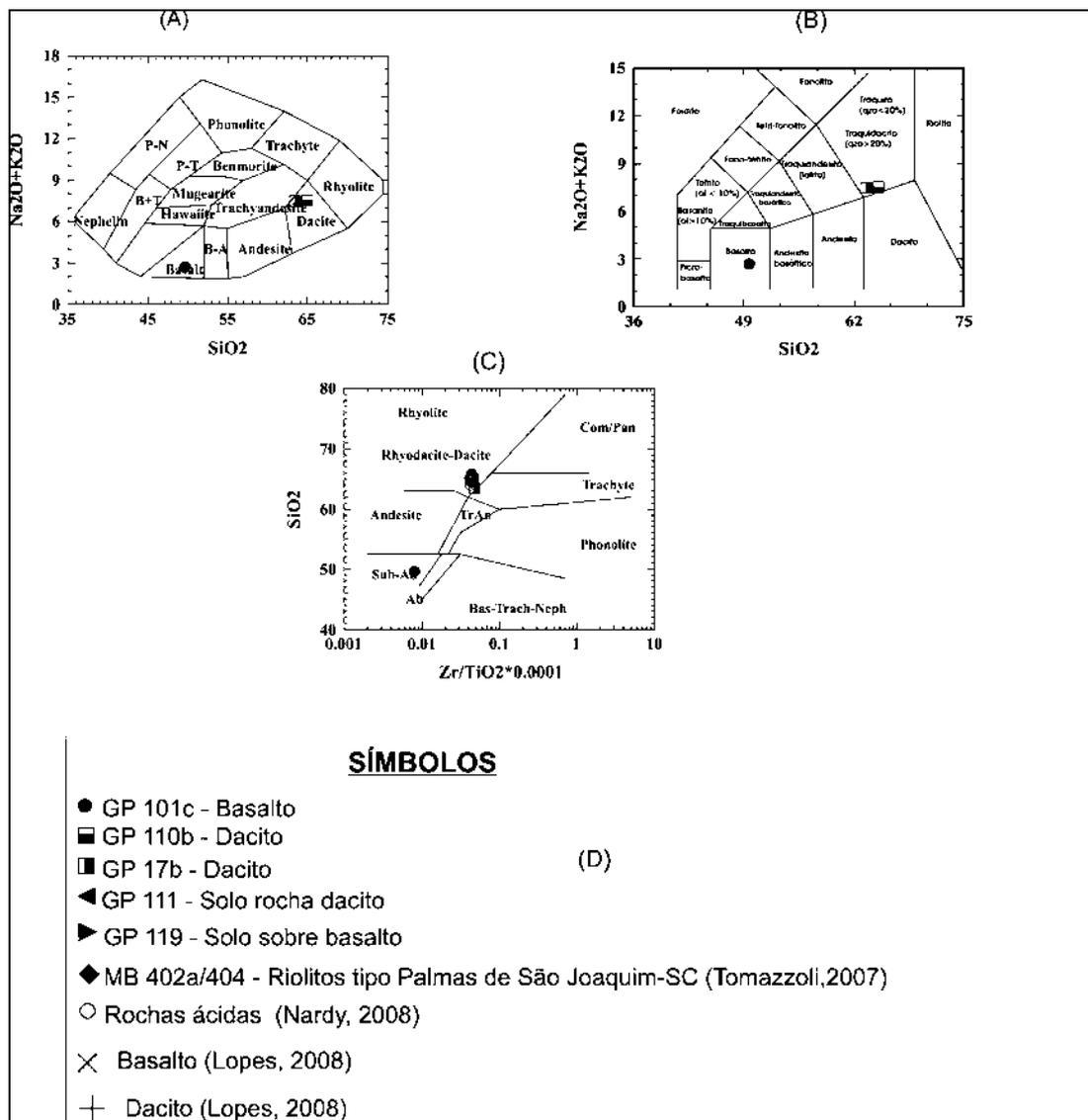


FIGURA 86- Diagramas de classificação química para as rochas ácidas/básicas de Guarapuava.

(A) - diagrama SiO_2 versus $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$, de Cox et al, (1979); (B) – diagrama TAS (Le Bas et al, 1986); (C) – diagrama SiO_2 versus Zr/TiO_2 , de Winchester & Floyd, (1977). (D) – Símbolos utilizados nos diagramas.

As Rochas Ácidas

As rochas vulcânicas ácidas da Província Magmática Paraná (PMP) são subdivididas em dois grupos: tipo Palmas e tipo Chapecó. Marques e Ernesto (2004) mostram que as rochas ácidas do tipo Palmas diferem das do tipo Chapecó por apresentarem menores concentrações em titânio ($\text{TiO}_2 < 1,2\%$), fósforo ($\text{P}_2\text{O}_5 < 0,35\%$) e elementos incompatíveis ($\text{Zr} < 400\text{ppm}$, $\text{Sr} < 250\text{ppm}$, $\text{Nb} < 35\text{ppm}$, $\text{Ba} < 850\text{ppm}$).

Na Figura 87 são apresentados os diagramas de variação, para as amostras de dacito do município de Guarapuava analisadas neste trabalho (quadrados) – (ANEXO 4), análises de rochas ácidas do Planalto de Guarapuava-Pinhão (círculos vazios), extraídas de Nardy et al (2008) – Anexo 3 e análises de riolitos de São Joaquim (SC), (losangos), extraídas de Tomazzoli (2007) – Anexo 3. Nesses diagramas foram colocados os campos classificatórios das rochas ácidas dos tipos Palmas e Chapecó. Observa-se que as amostras de São Joaquim plotam no campo das rochas tipo Palmas, enquanto que as do município de Guarapuava e do Planalto de Guarapuava-Pinhão, são classificadas como rochas do tipo Chapecó.

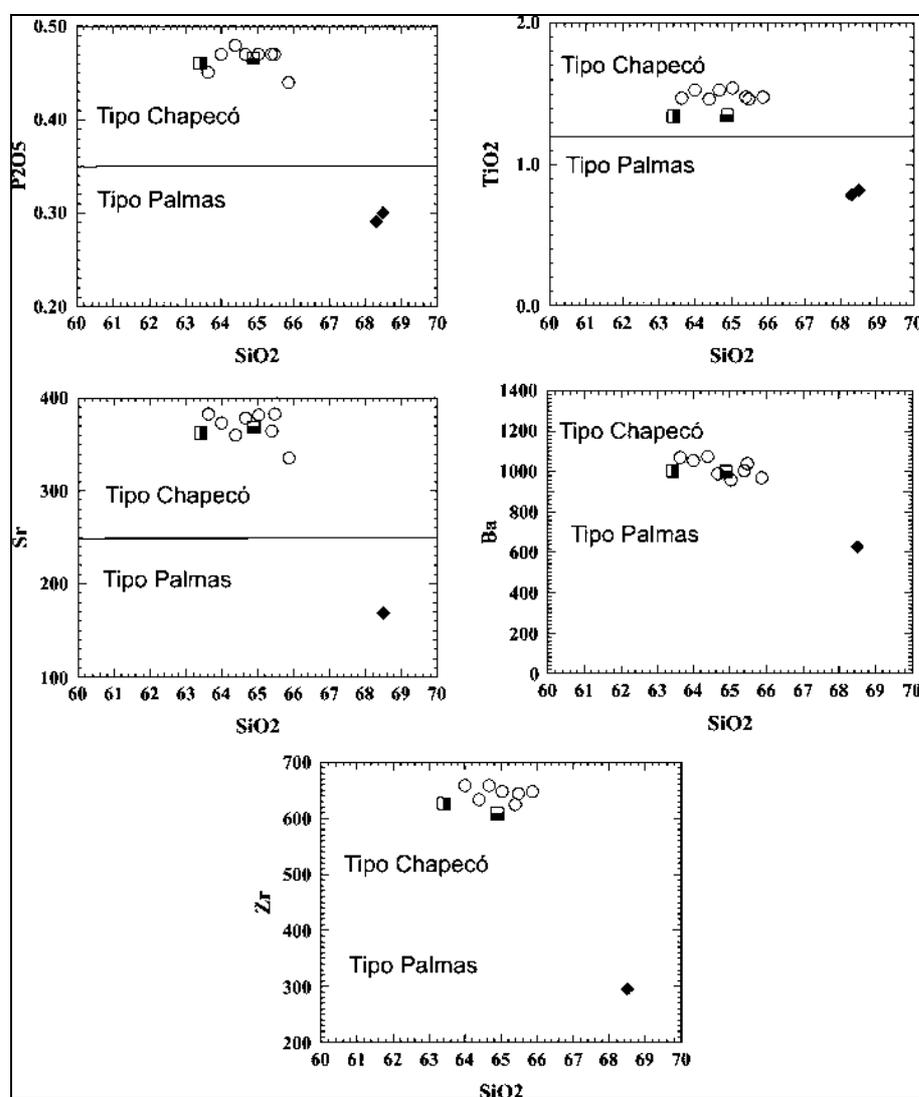


FIGURA 87- Diagramas de variação (diagramas de Harker).

Para amostras de rochas ácidas, contendo os campos referentes aos subtipos Palmas e Chapecó. Símbolos como na Figura 86.

Quando comparadas aos riolitos do tipo Palmas provenientes de São Joaquim, os dacitos do tipo Chapecó, do município de Guarapuava mostram teores bem mais elevados em TiO_2 , Fe_2O , MnO e P_2O_5 e mais baixos em CaO . Os teores K_2O são semelhantes. Já os valores de CaO e MgO são equivalentes a mais baixos. Essas variações podem ser melhor visualizadas no diagrama da Figura 88, com os valores dos óxidos normalizados pela composição média de dacitos cálcio-alcálicos de alto K (LE MAITRE, 1976).

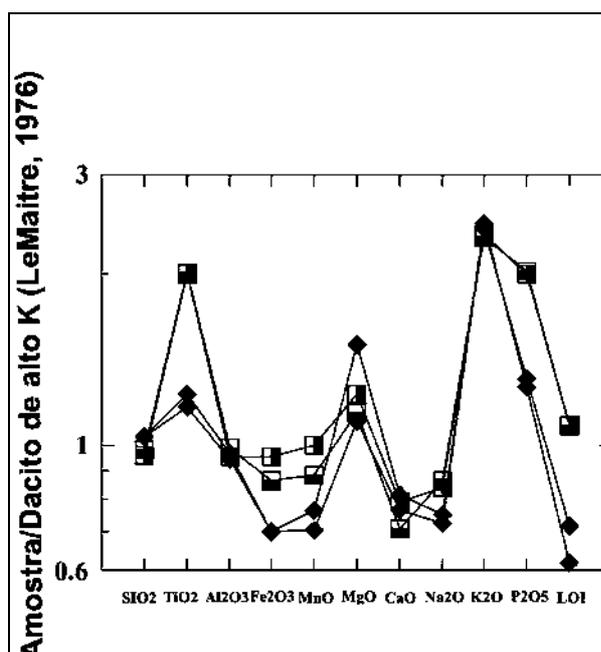


FIGURA 88- Diagrama multielementar (*spidergram*).

Apresenta os teores dos óxidos normalizados, comparando a composição de dacitos do tipo Chapecó, de Guarapuava (Tabela 1), com a de riolitos do tipo Palmas de São Joaquim (SC) – Tabela 2. Símbolos como na Fig. 86.

No diagrama da figura 89, tem-se, novamente, a comparação entre esses dois litotipos agora quanto aos elementos traços. Observa-se que os dacitos de Guarapuava mostram-se mais enriquecidos em Ba, Th, La, Sr, P, Zr e Ti e mais empobrecidos em Rb em relação aos riolitos tipo Palmas de São Joaquim.

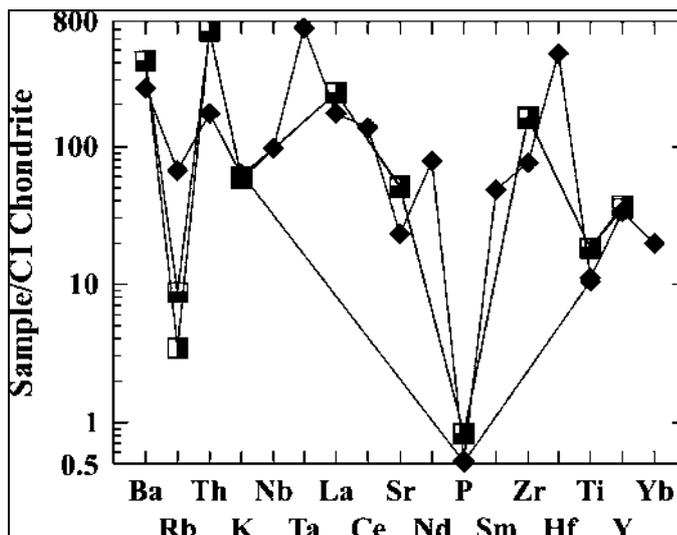


FIGURA 89- Diagrama multielementar (*spidergram*).

Comparação das amostras de dacitos de Guarapuava e riolitos de São Joaquim quanto aos teores em elementos traços. Símbolos: Figura 86.

Marques & Ernesto (2004) mostram ainda que as rochas ácidas do tipo Chapecó são subdivididas nos subgrupos Guarapuava ($\text{TiO}_2 > 1,4\%$; $\text{P}_2\text{O}_5 > 0,4\%$; $\text{Rb} < 120\text{ppm}$; $\text{Rb}/\text{Zr} < 0,2$) e Ourinhos ($\text{SiO}_2 > 65\%$; $\text{TiO}_2 < 1,4\%$; $\text{P}_2\text{O}_5 < 0,4\%$; $\text{Rb} > 120\text{ppm}$; $\text{Rb}/\text{Sr} > 0,2$). Nardy et al (2008) destacam ainda um terceiro subgrupo, chamado Tamarana que ocorre em platô próximo à cidade homônima, com características geoquímicas intermediárias, principalmente quanto aos teores em P_2O_5 e TiO_2 .

No diagrama da Figura 89 A, observa-se que as análises do município de Guarapuava (quadrados) e do Planalto de Guarapuava-Pinhão (círculos) plotam no campo das rochas ácidas tipo Guarapuava (definido por Nardy et al, 2008), enquanto que as análises do município de Guarapuava de Lopes (2008) (cruzes), plotam no campo das do tipo Tamarana. No diagrama da Figura 89 B, observa-se que as análises de Lopes (2008) apresentam razões Rb/Zr mais elevadas, fazendo com que se destaquem das demais, plotando próximo ao campo das do tipo Ourinhos.

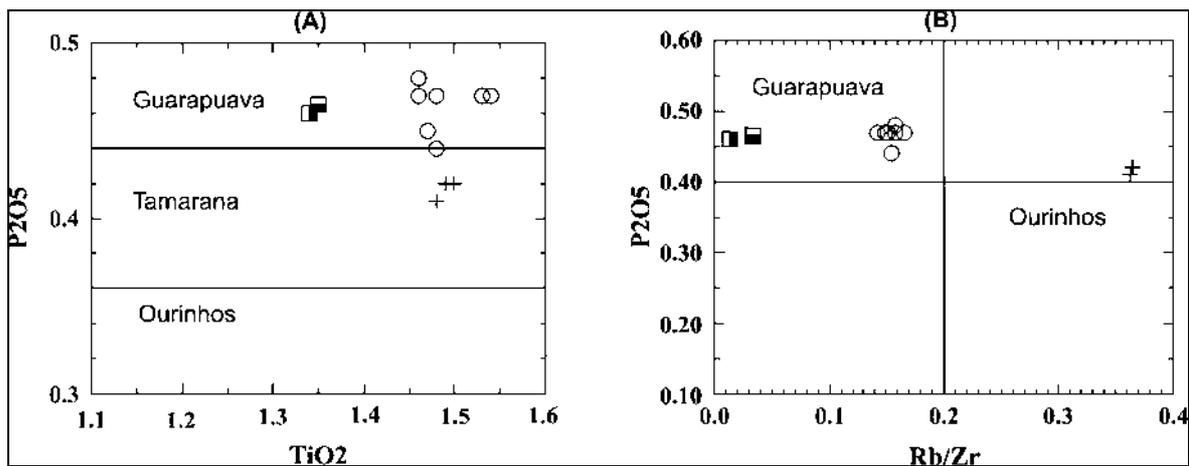


FIGURA 89- (A) - Diagrama TiO₂ versus P₂O₅ para amostras de rochas ácidas tipo Chapecó.

Os campos definidos por Nardy et al (2008). (B) – Diagrama Rb/Zr versus P₂O₅ para rochas ácidas do tipo Chapecó, com os campos dos subtipos Guarapuava e Ourinhos. Mesmos símbolos da Figura 86.

As Rochas Básicas

Baseando-se em diversos parâmetros geoquímicos, Peate et al (1992) dividiram os basaltos da Província Magmática Paraná em seis grupos, conforme a Tabela 9.

TABELA 9- Parâmetros geoquímicos dos diversos tipos de basalto

Fonte: (Peate et al, 1992 apud Roisenberg e Vieiro, 2002).

	Basaltos de Alto-TiO ₂			Basaltos de Baixo-TiO ₂		
	Urubici (ATi-S)	Pitanga (ATi-N)	Paranapanema (ITi-N)	Ribeira (BTi-N)	Esmeralda (BTi-S)	Gramado (BTi-S)
SiO ₂	>49,0	>47,0	48,0-53,0	49,0-52,0	48,0-55,0	40,0-60,0
TiO ₂	>3,3	>2,8	1,7-3,2	1,5-2,3	1,1-2,3	0,7-2,0
P ₂ O ₅	>0,45	>0,35	0,2-0,8	0,15-0,50	0,10-0,35	0,05-0,40
Fe ₂ O ₃	<14,5	12,5-18	12,5-17	12,0-16,0	12,0-17,0	9,0-16,0
Sr	>550	>350	200-450	200-375	<250	140-400
Ba	>500	>200	200-650	200-600	90-400	100-700
Zr	>250	>200	120-250	100-200	65-210	65-275
Ti/Zr	>57	>60	>65	>65	>60	<70
Ti/Y	>500	>350	>350	>300	<330	<330
Zr/Y	>6,5	>5,5	4,0-7,0	3,5-7,0	2,0-5,0	3,5-6,5
Sr/Y	>14,0	>8,0	4,50-15,0	5,0-17,0	<9,0	<13
Ba/Y	>14,0	>9,0	5,0-19,0	6,0-19,0	<12	<19

Na Figura 90 observa-se que a amostra de basalto analisada (círculo preenchido) – Tabela 1 e um grupo de análises de basalto de Lopes (2008) (X) referentes ao município de Guarapuava – Tabela 2, caem, respectivamente no campo correspondente aos basaltos de baixo titânio-sul (BTi-S), que corresponde, predominantemente aos basaltos tipo Esmeralda e também no campo dos basaltos de alto titânio-norte (ATi-N), correspondendo a basaltos do tipo Pitanga. A Tabela 10 mostra laudo químico em amostra de basalto vítreo da Pedreira Guarapuava. Embora não se tenha dados de elementos menores, essa amostra corresponde aos basaltos de alto titânio norte.

TABELA 10- Laudo técnico de amostra de basalto vítreo.

Fonte: LAMIR (Laboratório de Análise de Minerais e Rochas da Universidade Federal do Paraná), adaptado da análise química da rocha.

AMOSTRA	Percentagem em peso
SiO ₂	51,96%
Al ₂ O ₃	13,14%
TiO ₂	2,44%
Fe ₂ O ₃	13,40%
MnO	>0,19%
MgO	4,16%
CaO	9,00%
Na ₂ O	2,57%
K ₂ O	1,10%
P ₂ O ₅	0,17%
Soma	99,50

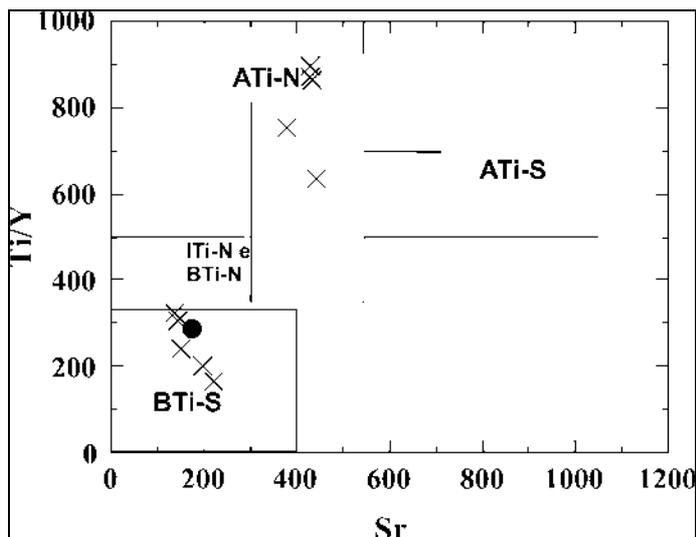


FIGURA 90- Diagrama Sr versus Ti/Y, com os campos Peate et al (1992).
Mesmos símbolos da figura 85.

Discussão

Sendo assim, estas são às características petrográficas, mineralógicas e geoquímicas das lavas ácidas e básicas encontradas no município de Guarapuava aqui descritas e mapeadas. (Mapa anexo 1). Importante frisar que no intuito de evitar possíveis confusões sobre a literatura que acerca as rochas da Formação Serra Geral procurou utilizar nomenclaturas das fácies já utilizadas por Arioli et al (2008) Nardy (1995, 2001, 2008), MINEROPAR (2006, 2007, 2008) e Waichel 2005, 2006.

Do ponto de vista geoquímico os basaltos correspondem ao Tipo Pitanga e tipo Esmeralda, enquanto que as unidades ácidas, do tipo Chapecó são do tipo Guarapuava e com maior semelhança geoquímica segundo Lopes (2008) com o tipo Tamarana, já as razões elevadas de Rb/Zr fazem com que esta assemelhem-se neste sentido com o tipo Ourinhos.

6. EXPLORAÇÃO MINERAL NO MUNICÍPIO DE GUARAPUAVA

6.1 A UTILIZAÇÃO DAS ROCHAS COMO RECURSO MINERAL

É crescente a necessidade de minerais no mundo moderno. Os bens minerais ocorrem concentrados ou então disseminados nas formações rochosas. podem ser procurados de duas maneiras distintas diretamente, estudando-se as ocorrências evidentes de minerais ou no caso de rochas/minerais de interesse econômico, indiretamente, pesquisando as rochas “hospedeiras” potencialmente promissoras, a fim de localizar eventuais concentrações minerais de possível aproveitamento econômico. (BIGARELLA et al, 1985).

Portanto, o levantamento litoestratigráfico de detalhe apoiado pela caracterização petrológica é de fundamental importância para levantar o potencial econômico da região, bem como subsidiar novas alternativas de aproveitamento de rochas e rejeitos.

Do ponto de vista extrativo-mineral o município de Guarapuava é caracterizado pela exploração das rochas basálticas para a produção de cascalho, brita, pedras de cantaria e areias de britagem, esta última, como alternativa para suprir a inexistência de areia no município e aproveitar rejeitos antes depositados no pátio da empresa mineradora. As figuras 91 e 92 mostram, bancada pronta para o desmonte e blocos de pedra de cantaria. Já as imagens 93 e 94 mostram pedreira que explora os basaltos do tipo pitanga para confecção de cascalho.



FIGURA 91- Bancada pronta para o desmonte. Exploração do basalto.

Foto: Eliza do Belém Tratz, 2005.



FIGURA 92- Pedras de cantaria. Exploração de quartzo-latitos.

Foto: Edison Ramos Tomazzoli, 2007.



FIGURA 93- Corte de estrada para confecção de cascalho.

Foto: Eliza do Belém Tratz, 2008.



FIGURA 94- Basalto tipo Pitanga, utilizado para a confecção do cascalho. As fraturas, conchoidal, facilitam a exploração da rocha.

Foto: Eliza do Belém Tratz, 2008.

Segundo a Pedreira Guarapuava, os 300.000m³ de areia de britagem que são produzidos anualmente são comercializados e destinados principalmente para o município de Guarapuava, (95% da produção) enquanto que 5% do produto é destinado as regiões distritais, e outros municípios vizinhos como Pinhão. Já a produção de britas e pedras de cantaria atende as demandas do município. A figura 95 mostra o destino da produção das areias de britagem.



FIGURA 95- Destinação das areias de britagem.

Organização: Eliza do Belém Tratz, 2008.

Binda & Gomes (2007) identificaram 22 pontos de mineração no município todos referentes a pedreiras das quais, apenas seis permanecem ativas. Destas seis, três destinam-se a fragmentação de britas, as demais trabalham com o corte da rocha para a confecção de pedras de cantaria. A figura 96 mostra segundo Binda & Gomes (2007) a localização dos pontos de mineração. As pedreiras que confeccionam as pedras de cantaria atuam em pequenos cortes onde as rochas são cortadas na maioria das vezes manualmente, rara as explosões com dinamite.

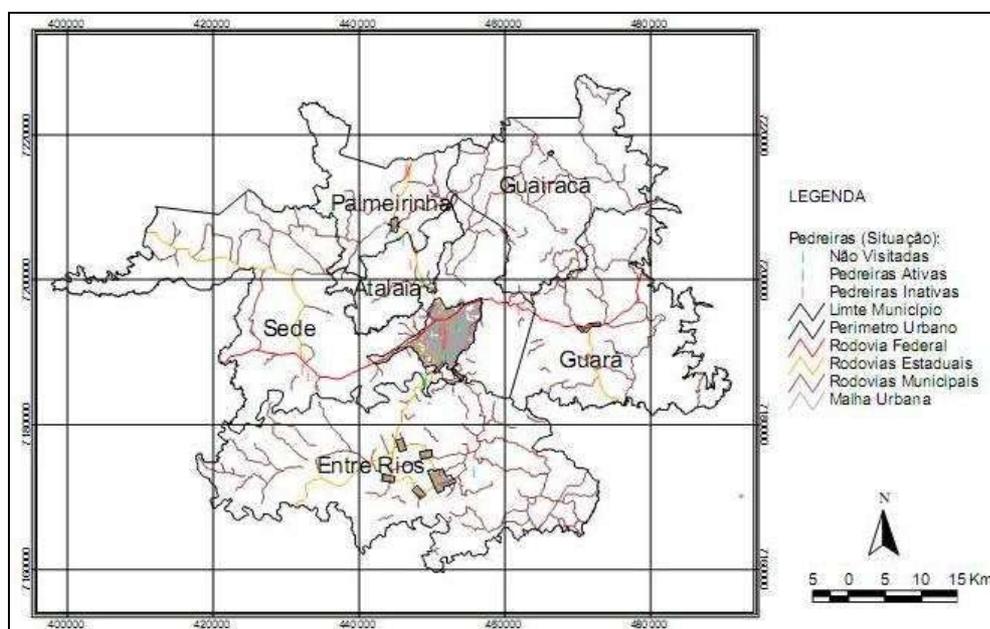


FIGURA 96- Pontos de Mineração no Município de Guarapuava.

Fonte: Binda e Gomes 2007. Organização. Binda (2007).

Desta maneira, o município de Guarapuava responde por 0,4% da produção mineral do Estado do Paraná movimentando anualmente quantias que variam de 1 a 5 milhões de Reais arrecadados do beneficiamento de 1 milhão de toneladas do basalto. (MINEROPAR, 2004).

Embora haja ocorrência de minerais como ametista, ágata e opala, estes não são aproveitados pela mineração tendo em vista a baixa qualidade dos cristais. Por meio de informação verbal Arioli et al (2008), afirmou que as ametistas encontradas no município de Guarapuava podem ser aproveitadas quando “queimadas” este mineral quando expostos a temperaturas superiores a 350°C atingem coloração esverdeada podendo assim ser aproveitada para a confecção de jóias.

6.2 A PRODUÇÃO DAS AREIAS DE BRITAGEM E O FILLER COMO REJEITO

O município de Guarapuava destaca-se em âmbito estadual e nacional na produção de britas, e a partir de 2003 passou a produzir também areias de britagem por meio do beneficiamento de britas antes rejeitadas no pátio das empresas (TRATZ, 2005).

A produção destas areias deve-se também aos aspectos naturais do município, as areias fluviais são inexistentes em Guarapuava, uma característica dos terrenos vulcânicos.

Deste modo, as areias fluviais comercializadas no município advêm do Rio Tibagi no município de Ponta Grossa, portanto, percorrem 140 km até chegar a Guarapuava, o que encarece o produto. Assim, a areia de britagem torna-se uma opção mais barata, custa em média R\$20,00 a menos que as areias fluviais.

Além disso, as areias fluviais aparecem no cenário da mineração para suprir a falta do recurso natural (areia fluvial), uma vez que os municípios citados são desprovidos desse recurso mineral devido aos aspectos geológicos do terreno onde estão situados.

6.2.1 Afinal o que são as areias de britagem e como são produzidas?

A areia de britagem é um subproduto da brita, por isso para entender o processo de industrialização da areia de britagem faz-se necessário entender também como se processa a produção da brita no local da pesquisa.

A produção da brita começa com a decapagem do afloramento rochoso ou da bancada, a decapagem nada mais é do que a retirada do cascalho presente no afloramento rochoso (bancada), que é retirado por meio de um trator de esteira. Após o decapeamento, o maciço rochoso é perfurado seguindo o sistema ortogonal, para inserir os explosivos, os furos ou minas têm em média 2,5 a 3 polegadas podendo variar de acordo com a altura da bancada.

Após esse processo os explosivos são inseridos nas minas e ligados uns aos outros, ocorrendo então à detonação do maciço, processo denominado de desmonte da bancada, que gera matacões com faces que deverão ter 60 cm de envergadura.

Esses matacões devem apresentar dimensões iguais ou inferiores ao da boca do britador, que é o britador mandíbulas conhecido como britador primário que é utilizado para a produção dos matacões. No primeiro processo, nota-se a formação de resíduos conhecidos como *under size*, que são separados através de grelhas e transportados por meio de correias para uma pilha de estocagem, processo este denominado de britagem secundária. O material resultante desta fase é conduzido por meio de correias transportadoras até a pilha pulmão, para posterior sistema rebritagem. Essa fase é tida como britagem primária.

O material resultante da britagem primária passa por uma correia transportadora até uma peneira, para a retirada do material fino que tem em média 4 mm de diâmetro. O material que ficou retido na peneira irá alimentar a britagem secundária, que é realizada em um hidrocone, (FAÇO), que recebe o material com tamanho maior a 60cm (matacão), reduzindo-o a 50mm. O material proveniente do hidrocone é levado através de correias até as peneiras vibratórias para a seleção do material, que fazem o seguinte trabalho de classificação: dos materiais resultantes do primeiro peneiramento têm em média 50mm, e os que ficam retidos alimentam a próxima rebritagem que gera material de aproximadamente 32 mm, esta fase é

conhecida como britagem terciária. Quanto ao material inferior a 50 mm e 32 mm que ficaram retidos no segundo deque da peneira passam a alimentar a britagem quaternária. Os fragmentos menores que 32 mm retornam a uma correia classificatória.

Dos processos de britagem na empresa resultam os seguintes tipos de britas:

- 1) Pedra 1 tamanho $\frac{3}{4}$ do tamanho do matacão;
- 2) Pedra 2 tamanho entre 23 e 32 mm de diâmetro;
- 3) Pedra 3 tamanho $\frac{2}{5}$ do tamanho do matacão;
- 4) Pedrisco $\frac{3}{8}$ do tamanho do matacão.

Para a produção da areia de britagem, é utilizado britador TORNADO AC8, nesse processo, as rochas que saem do britador FAÇO (hidrocone) com tamanho superior a 10 mm retornam para o britador TORNADO até atingirem 3,8mm em média o que pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) já é considerado areia de britagem. O processo de produção de areia de britagem pode ser observado na figura 97.

Sendo assim, a produção da areia de britagem num primeiro momento processa-se do beneficiamento dos finos que ocorre em um circuito fechado representado por um silo, com capacidade de aproximadamente 2 metros cúbicos, um alimentador de gaveta e um britador de eixo vertical TORNADO AC8, com regulagem de abertura de fluxo por cascata, e uma peneira vibratória com duplo deque de 3 a 6mm.

O material que passa pelo deque é classificado em areia de britagem em finos, também denominado de *filler*. (Seguindo a normativa Latina Americana). Os finos caracterizam material cuja granulação é inferior a 0,075 mm. Segundo Bouso (2005), o conceito do termo finos, se refere a uma determinada fração de partículas, naturais ou trituradas. O Termo é ambíguo porque o tamanho mínimo a partir do qual se considera a partícula não é definido.

A norma Européia atualmente em vigor define claramente o conceito de finos, como fração de partículas inferiores ao tamanho de 0,063mm. Este tamanho adaptado na Europa substitui o correspondente ao da normativa americana de uso comum na América Latina.



FIGURA 97- Modelo do processamento na Pedreira Guarapuava-PR

Fonte: Centro de Tecnologia Mineral (CETEM/MCT, 2005).

No entanto, a pedreira Guarapuava informa que os materiais saem da peneira do britador contendo uma quantidade de finos superior aos limites propostos pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) que é de 7% em média, esse material sai do britador contendo 20% de finos por isso precisa passar por um processo de decantação para a separação do material fino da areia de britagem (TRATZ, 2005).

Segundo Romanowski¹ (2005), a água in natura é usada para proceder à limpeza da areia industrial, após este processo a água torna-se poluída e contaminada por algas, micro organismos, sílica, sólido suspensos, finos, ferro, manganês e minerais que compõem a rocha utilizada pra a produção da areia.

Após a lavagem da areia de britagem a água recebe tratamento químico, com dosagem de cal hidratada hidróxido de cálcio (20 a 25ppm/1), polímero natural de fécula de mandioca (2 a 3ppm/1) e sulfato de alumínio não ferroso (40 a 50ppm/1) (ROMANOWSKI 2005). Com a adição destes produtos através da mistura hidráulica ocorre o processo de decantação ou sedimentação, separando a porção sólida da líquida, no fundo do decantador forma-se um lodo, qual é lançado no deposito de decantação a cada duas horas para a secagem.

¹ ROMANOWSKI, Estefano. Químico responsável pelo tratamento das águas residuárias na Pedreira Guarapuava, 2005.

A água limpa do decantador (água de reciclagem) é retornada ao reservatório é utilizada novamente para o processo de areia industrial (ROMANOWSKI, 2005).

A Figura 9 mostra o local de produção da areia de britagem na Pedreira Guarapuava. A Figura 98 mostra o decantador utilizado para a separação das areias de britagem dos finos, enquanto que a figura 99 mostra o local de depósito do lodo resultante do processo de decantação.



FIGURA 98- Local de produção da areia de britagem

Foto de Eliza do Belém Tratz, 2005.



FIGURA 99- Depósito de lodo proveniente da decantação

Foto de Eliza do Belém Tratz, 2005.

6.2.2 Os aspectos econômicos da produção da areia de britagem.

Na cidade de Guarapuava, a areia de britagem tem sido empregada na construção civil principalmente para a pavimentação de calçadas, construção de alicerces e assentamentos de tijolos. As areias de britagem são revendidas também no comércio da cidade, gerando assim, lucros para os empresários dessa forma, os lucros não ficam apenas restritos á empresa produtora.

6.2.3 Os aspectos texturais das areias de britagem e das areias fluviais, uma comparação entre as areias fluviais e as areias de britagem.

As areias fluviais diferem-se das areias produzidas industrialmente tanto nos aspectos morfoscópicos, quanto nos aspectos granulométricos, tais diferenças devem-se ao processo de formação de ambas.

As areias fluviais advém de rochas sedimentares “que no senso estrito são formadas a partir do material originado da destruição erosiva de qualquer tipo de rocha, material este que deverá ser transportado e posteriormente depositado ou precipitado em um dos muitos ambientes de sedimentação da superfície do globo terrestre (AMARAL & LEINZ, 2001, p. 55)”.

Sendo assim, as areias são formadas a partir de fragmentos de rochas pré-existentes, por isso podem apresentar diversas cores, sendo mais comuns as cores, cinza, amarela e vermelha. O tamanho e a forma dos grãos podem variar de acordo com o depósito em que estas estão inseridas, e o tipo de esforço que o grão foi submetido (TRATZ, 2005).

Já as areias de britagem são produzidas por meio da trituração do basalto, sendo que a principal ação responsável pela formação dos grãos é a abrasão, por meio do choque entre as partículas rochosas e outra dentro do britador, o que gera a desintegração das extremidades do fragmento rochoso.

Portanto há diferenças consideráveis entre as areias de britagem e as areias fluviais. Enquanto que as areias de britagem são constituídas predominantemente por grânulos, areias muito grossa e areias grossa, as areias fluviais são constituídas predominantemente por areias médias, sendo estas melhores selecionadas que as areias de britagem (TRATZ, 2005).

Quanto a formas, as areias de britagem também se diferem das areias fluviais uma vez que os grãos das mesmas são angulosos e também melhor selecionados dentro da escala utilizada para a comparação visual. Os grãos dentro da escala proposta por Krumbein (1941) vão da escala 1 a 6, sendo na grande maioria distribuídos nas escalas 4 e 5, por isso a característica angulosa dos mesmos.

Os grãos provenientes das areias fluviais do rio Tibagi analisados dispuseram-se em todas as variáveis da tabela visual, apresentando grãos da escala 1 até a 9, sendo raros os grãos angulosos, referentes aos graus 1, 2 e 3 e muito comum à presença de grãos nos graus 5, 6, 7, de arredondamento por isso estes grãos são mais arredondados. As figuras 100 e 101 mostram as areias grão de areias fluvial advindo do Rio Tibagi e Grão de areia proveniente da britagem.

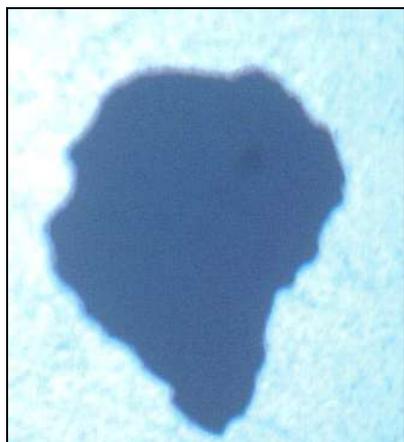


FIGURA 100- Areia de britagem

Foto de Eliza do Belém Tratz, 2005.

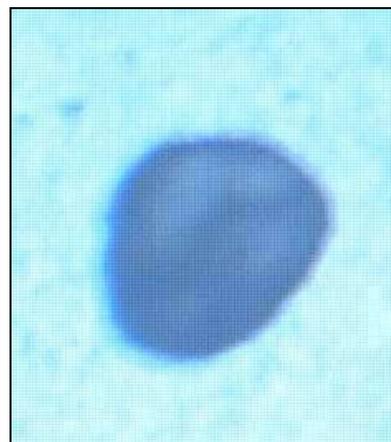


FIGURA 101- Areia fluvial

Foto de Eliza do Belém Tratz, 2005.

Para ressaltar essas propriedades a figura 102 apresenta as características morfoscópias das areias provenientes da britagem e a figura 103 das areias provenientes da britagem. Os gráficos expressam o grau de arredondamento das areias fluviais e das areias provenientes da britagem. Estes valores foram obtidos através da média de análises de 10 amostras de areias fluviais e de areias de britagem, pesquisa efetuada por (TRATZ, 2005).

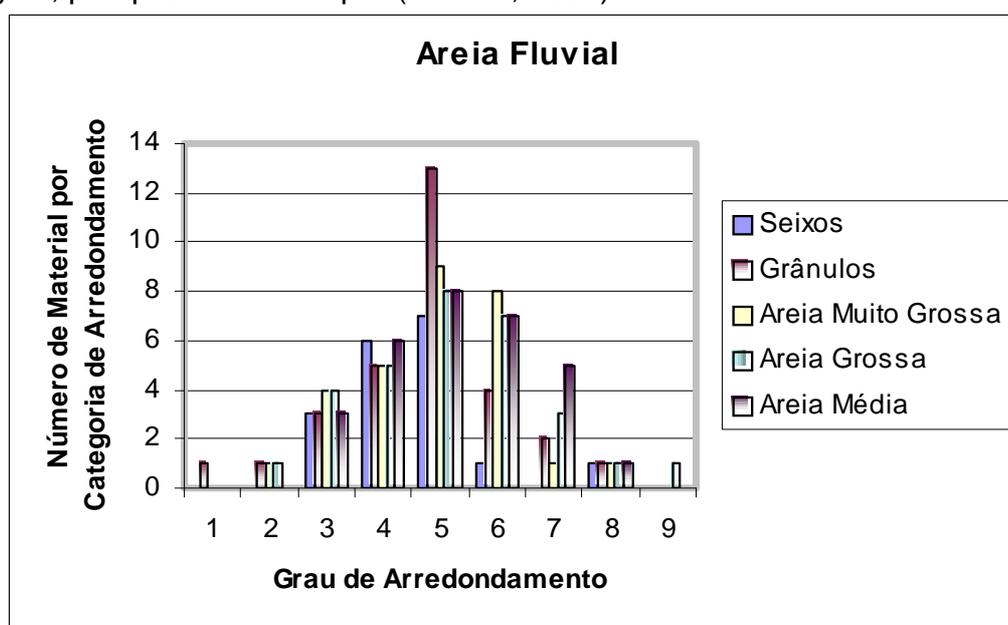


FIGURA 102- Morfoscopia areias fluviais

Fonte: Eliza do Belém Tratz, 2005.

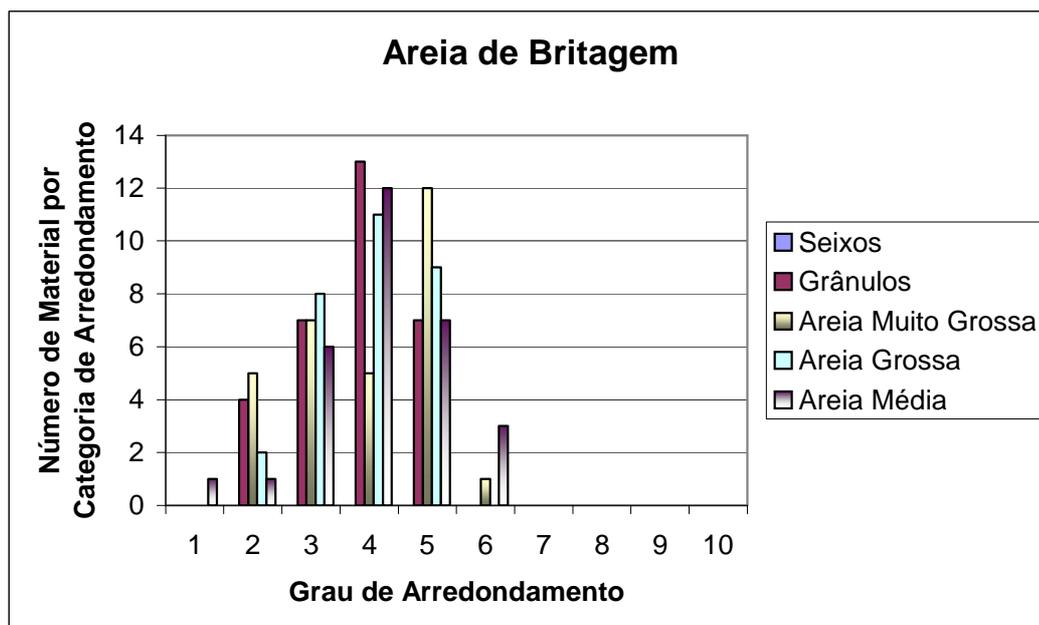


FIGURA 103- Mosrfoscopia britagem

Fonte: Eliza do Belém Tratz, 2005.

6.2.4 O Aproveitamento de Fósforo e Potássio Advindo das Rochas Vulcânicas Presentes no Município.

Durante o processo de produção das areias de britagem, gera-se o *filler*, (material resultante do processo de decantação das areias) que não é utilizado pelas empresas, tornando-se dessa forma, rejeito (TRATZ, 2005).

Na maioria das vezes esse material sai do britador contendo 20% de finos por isso precisa passar por um processo de decantação para a separação do material fino da areia de britagem (TRATZ *op.cit*). Os limites propostos pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) é de 7% em média.

Deste modo, uma aplicação prática da análise dessas rochas seria a busca por um destino para os finos das pedreiras inseridas dentro do município de Guarapuava uma vez que estes podem ser utilizados como fertilizantes na agricultura, sobretudo os resultantes do processamento de rochas ácidas, com as do tipo Chapecó, encontradas dentro da área de estudo. Outra alternativa seria a produção de tijolos utilizando os finos como matéria prima.

Nardy et al (2008) explica que as rochas ácidas encontradas no município de Guarapuava diferem-se quimicamente das unidades ácidas do Tipo Chapecó encontradas em outras regiões, assemelham-se as rochas do Tipo Chapecó de

Tamarana e Nova Santa Barbara, mas diferem-se das rochas de Ourinhos, diferença esta que as tornam interessantes para a correção de solos agrícolas levando em consideração seu enriquecimento por Fe_2O_3 , CaO , TiO_2 , P_2O_5 e Zr , em especial o P_2 , qual pode ser aproveitado para correção de solos agrícolas podendo desta maneira ser aplicada para corrigir a deficiência de outros solos agrícolas como sugere Bouso, (2005).

Em decorrência deste enriquecimento por K_2O , Fe_2O_3 , CaO , TiO_2 , P_2O_5 e Zr nas rochas ácidas supõe-se que os solos do Planalto de Guarapuava desenvolvidos sobre essa rocha sejam extremamente férteis e propícios a diversos tipos de cultivo. Como de fato ocorre na região. Na intenção de verificar a relação entre a composição química da rocha-mãe e a do solo residual subjacente, em termos de elementos maiores (macronutrientes), foram realizadas análises químicas do solo e, a partir delas, os diagramas multielementares da Figura 100, com óxidos normalizados pela composição média de dacito cálcio-alcálico de alto K (Le Maitre, 1976). Nesses diagramas é feita a comparação entre a rocha mãe e o solo subjacente.

Na Figura 104 A, observa-se que o solo residual (triângulos) foi bastante depletado em SiO_2 , MgO , CaO , Na_2O , K_2O em relação a rocha-mãe (dacito). Houve enriquecimento residual em TiO_2 , Al_2O_3 e Fe_2O_3 . MnO e P_2O_5 foram pouco lixiviados e, juntamente com os três últimos óxidos, permaneceram em boas concentrações no solo.

Ainda na Figura 104 B tem-se o diagrama de solo residual de basalto (triângulos) comparado à rocha-mãe basáltica (quadrados). Nesse diagrama observa-se, novamente um enriquecimento residual em TiO_2 , Al_2O_3 e Fe_2O_3 e uma depleção em SiO_2 (esta bastante moderada) e em MnO , MgO , CaO , Na_2O e K_2O . Observa-se, novamente, uma baixa remobilização do P_2O_5 que permanece no solo em teores quase idênticos aos da rocha matriz.

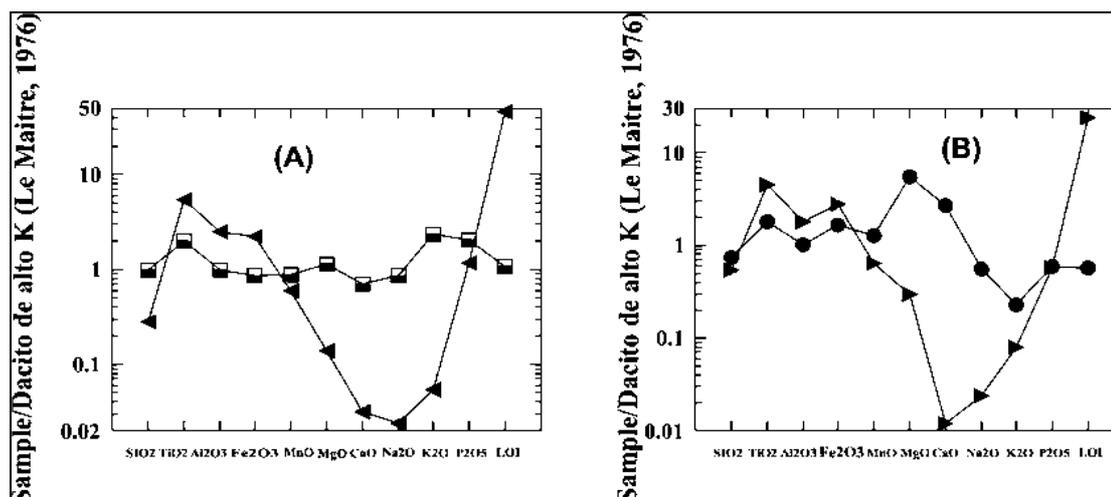


FIGURA 104- Spidergram com os teores de óxidos normalizados por amostra de dacito.

Cálcio-alcálico de alto K, mostrando: (A) – comparação entre amostra de dacito com o solo residual desenvolvido sobre esse litotipo; (B) – comparação entre amostra de basalto comparada ao solo residual desenvolvido sobre esse litotipo. Os símbolos são os mesmos da Fig.81.

Nas figuras 105 e 106 têm-se, respectivamente, os difratogramas de raios X de solos provenientes da alteração de dacito e basalto.

Embora oriundos de dacitos tipo Chapecó, rochas que apresentam consideráveis valores de P e K, os solos provenientes da alteração do dacito durante o processo de intemperização passaram por processos de lixiviação, e de hidrólise total, onde grande parte dos elementos formadores dos minerais primários é total ou parcialmente eliminada. A partir deste processo novos minerais foram originados no caso, a gibbsita ($\text{Al}(\text{OH})_3$), mineral característico de solos lateríticos.

Também foi verificado a presença de argilo-minerais, a caulinita ($\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$) indicando processo de hidrólise parcial, quando há eliminação parcial da SiO_2 e total dos cátions. Em pequena quantidade, ainda questionável foi identificado vermiculita ($11\text{MgO}_3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 11\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), originada a partir da hidratação de alguns minerais presentes na rocha mãe. Nos solos basálticos foram identificados os mesmos processos.

O processo de desestruturação cristalina pode ser processado em grandes intervalos de tempo. Nesse tempo a lixiviação atuante pode explicar a presença expressiva de Gibbsita ($\text{Al}(\text{OH})_3$) nestes solos (TEIXEIRA, 2003).

Nos solos oriundos tanto do dacito como do basalto há predomínio do argilomineral caulinita ($\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$) seguido de gibbsita, quartzo e vermiculita ($11\text{MgO}_3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 11\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$). Indicando também que a lixiviação atuou na desestruturação cristalina. Na Figura 104 observa-se que ambos os solos são lixiviados e ficaram empobrecidos nos elementos solúveis como MgO, CaO, Na₂O, K₂O (esse último está menos lixiviado), quando comparados à rocha-mãe. Por outro lado, os elementos menos solúveis como TiO₂, Al₂O₃ e Fe₂O₃ foram menos lixiviados e acabaram se concentrando no solo em teores ainda mais altos do que na rocha-mãe.

Isso é uma característica de solos lateríticos ou álico-siálicos (solos pobres) com concentração de Si, Al ou Fe. Nos difratogramas de raios X, além do quartzo (SiO_2) caulinita ($\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$) e gibbsita ($\text{Al}(\text{OH})_3$) há uma identificação duvidosa de vermiculita ($11\text{MgO}_3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 11\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) nos solos.

Ressalta-se que, a identificação da apatita, mineral responsável pelo aparecimento de P₂O₅ fica comprometida por questões metodológicas quando feita a análise de difratograma de Raios-X qual é capaz de reconhecer apenas concentrados. Portanto, dificultando o reconhecimento deste mineral. Isso explica o reconhecimento de valores elevados P₂O₅ nos diagramas da figura 104. Uma outra explicação para os elevados índices de P₂O₅ seria possibilidade de contaminação do solo por fertilizantes fosfatados. Os Difratogramas de raios-X das figuras 105 e 106 mostram as características referentes aos mesmos solos analisados na Figura. 104

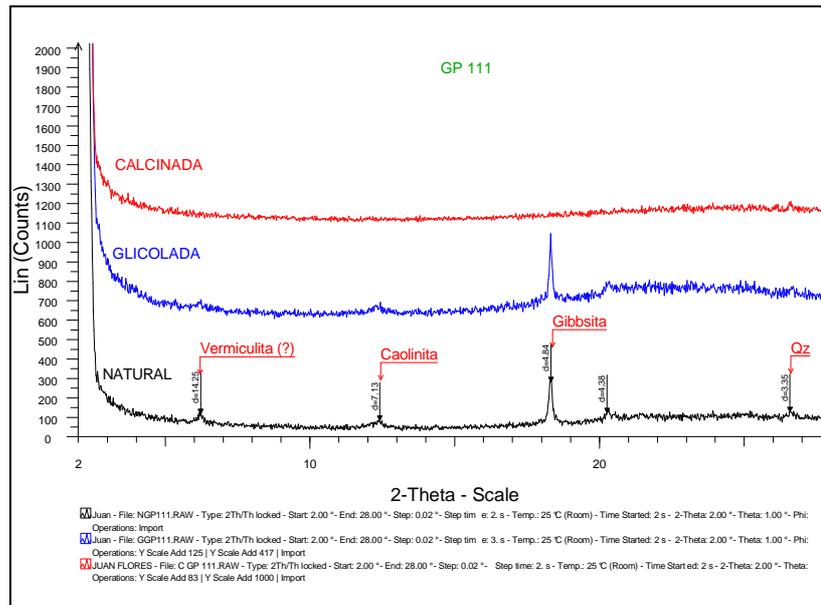


FIGURA 105- Difratoograma de Raios -X indicando os aspectos mineralógicos de solos oriundos do Dacito –K.

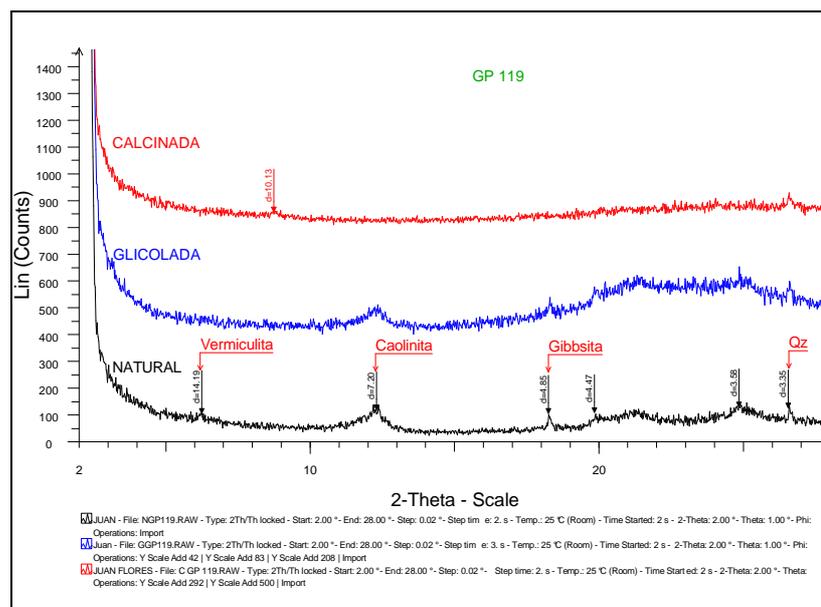


FIGURA 106- Difratoograma de Raios X indicando os aspectos mineralógicos de solos oriundos de basalto.

Destaca-se ainda que, tanto os solos originados a partir da alteração do dacito, quanto do basalto indicam que houve significativos processos de lixiviação na área o que responde o aparecimento de consideráveis valores de gibbsita e caulinita minerais originados através da quebra cristalina do plagioclásio por processos de hidrólise total, primeiro caso, e parcial no segundo caso, quais foram combinados ao processo de quebra na estrutura pela lixiviação.

Ainda que os solos oriundos destas rochas apresentem sinais de lixiviação como indicou os difratogramas de Raios - X a rocha matriz, principalmente os dacitos do Tipo Chapecó apresentam valores interessantes, principalmente de K quais podem ser estudados para prévio aproveitamento, sobretudo dos finos.

A utilização dos finos em substituição aos fertilizantes convencionais é de suma importância, tanto do ponto de vista econômico (substituição das importações) como ambiental, pois além de promoverem a utilização do rejeito da britagem, os fertilizantes obtidos por meio de tratamento biológico dos finos causam menores impactos ambientais durante as etapas industrialização e, por serem menos solúveis, são menos impactantes também nas áreas de cultivo. Arbiato (p.64; 2005) afirma que os microorganismos e pó de rocha (finos) podem ser utilizados na substituição total ou parcial das adubações solúveis

Estudos realizados por Silva (2005) Bouso (2005) Arbiato (2005), Alvez (2006) Dalcin (2008) mostram que os finos rejeitados nas empresas de mineração podem ser aproveitados na agricultura com a finalidade de suprir o solo dos nutrientes inorgânicos necessários, como, por exemplo, o fósforo e o potássio.

Nutrientes que somente são absorvidos pelas plantas quando em solução, daí a necessidade da quebra da estrutura cristalina do mineral através da técnica do isolamento de microorganismos, como bactérias e fungos ectomicorrízicos em meio à cultura GEL Esses microorganismos são essenciais para a separação de P e K dos outros elementos da rocha.

[...] Vários organismos do solo possuem a capacidade de disponibilizar nutrientes contidos em rocha. Dessa forma, a seleção desses organismos, o posterior uso na forma de inoculantes ou o uso de sistema de manejo que permitam utilizar essas populações, aliadas ao uso das rochas adequadas, podem constituir um procedimento que visem à eliminação ou substituição das adubações convencionais, em formas solúveis [...] (Arbiato p. 08, 2005).

Ressalta-se que, tais microorganismos são encontrados principalmente no solo, superfície de sementes, rochas e finos sendo necessária a adequação de microorganismos para cada tipo de rocha.

Entretanto, tal processo costuma ser muito lento, o que torna a disponibilização desses nutrientes minerais incompatível com o período das safras.

Por outro lado, pode vir a servir como alternativa para o aproveitamento do *filler* porque além de serem menos solúveis implicam em menos impactos ambientais nas áreas de cultivo. Não são facilmente carregados até leitos de rios, como ocorre com os fertilizantes importados, utilizados hoje na agricultura.

Estudos realizados por Silva (2005) Bouso (2005) Arbiato (2005), Alvez (2006) Dalcin (2008) mostram que o material fino rejeitado nas empresas de mineração podem ser aproveitados na agricultura com a finalidade de suprir o solo dos nutrientes inorgânicos necessários, como, por exemplo, o fósforo e o potássio. Nutrientes que somente são absorvidos pelas plantas quando em solução, daí a necessidade da quebra da estrutura cristalina do mineral através da técnica do isolamento de microorganismos.

Vários organismos do solo possuem a capacidade de disponibilizar nutrientes contidos em rocha. Desta forma, a seleção destes organismos, o posterior uso na forma de inoculantes ou o uso de sistema de manejo que permitam utilizar essas populações, aliadas ao uso das rochas adequadas, podem constituir um procedimento que vise à eliminação ou substituição das adubações convencionais, em formas solúveis. (Arbiato p. 08, 2005).

Ressalta-se que, tais microorganismos são encontrados principalmente no solo, superfície de sementes, rochas e finos sendo necessária a adequação de microorganismos para cada tipo de rocha. Normalmente é feita análise para verificação dos quais microorganismos decompõem a rocha, e os fungos mais freqüentemente encontrados.

Entretanto, tal processo costuma ser muito lento, o que torna a disponibilização desses nutrientes minerais incompatível com o período das safras. Por outro lado, pode vir a servir como alternativa para o aproveitamento dos finos porque além de serem menos solúveis implicam em menos impactos ambientais nas áreas de cultivo. Não são facilmente carregados até leitos de rios, como ocorre com os fertilizantes importados, utilizados hoje na agricultura.

Discussão

O município de Guarapuava é destaque no cenário da mineração paranaense no que tange a produção de britas e mais recentemente destaque também na produção de areias de britagem que é destinada a municípios vizinhos, atendendo regionalmente a inexistência de areias fluviais devido às características geológicas da região. Areias estas produzidas a partir de britas rejeitadas no pátio da empresa, mas, que também geram rejeitos, os finos, material passível de aproveitamento uma vez que após tratamento biológico minerais como o K e o P podem ser retirados para suprir solos com deficiência.

Sabe-se por meio das análises acima apresentadas (Figuras 104, 105 e 106) que os solos oriundos dos dacitos perderam esses elementos por processos de lixiviação e na quebra da estrutura cristalina mineral, sendo necessária a reposição por meio de fertilizantes. Deste modo, os estudos envolvendo biotecnologias, no sentido da aceleração do processo de quebra da estrutura cristalina para disponibilização de P e K, acima relatados assumem grande importância econômica.

CONCLUSÕES

O levantamento das unidades litoestratigráficas em conjunto com o detalhamento petrográfico e espacialização dos derrames foi de fundamental importância para avaliar os aspectos da paisagem do município de Guarapuava-PR, pois trouxe informações importantes sobre a origem e conformação da paisagem, da mesma maneira que os elementos contidos na paisagem trouxeram informações relevantes sobre a geologia.

Assim, o presente trabalho revelou que um dos fatores mais importantes para a configuração do relevo do município é a presença de derrames ácidos e básicos que atuam na conformação do relevo de forma diferente, conformando a paisagem local com extensas áreas planas que se estendem pelas maiores cotas altimétricas, a partir da cota 960 metros, chegando à cota de 1020 metros no perímetro urbano de Guarapuava. São três os platôs, Três pinheiros, Entre Rios e Guarapuava.

Contudo, o platô descrito como Três Pinheiros (cotas de 960 a 980 metros) apresenta as mesmas características dos platôs anteriores, mas, surpreendentemente, é sustentado por rochas básicas, relacionadas a derrames tardios de basaltos hipovítreos. A diferença visível nas imagens de satélite e na carta geológica entre este platô e os platôs ácidos é que no primeiro há uma maior densidade de falhas e fraturas como em outras áreas onde afloram as rochas básicas.

As bordas destes três platôs marcam no topo o limite de um grande planalto de Guarapuava, com planalto dos derrames recentes, onde há predomínio das unidades ácidas do Tipo Chapecó representada pelos latitos, quartzo-latitos e riocacitos, além de basaltos hipovítreos as quais afloram no platô Três Pinheiros.

As áreas que margeiam estes platôs apresentam áreas com relativa dissecação, marcadas pelas escarpas de borda, cuja expressão geomorfológica revela colinas, morros e morretes. A Leste, na divisa com o município de Prudentópolis ocorre a borda mais relevante de planalto, onde é possível visualizar o

intertrap e raras chapadas. Nesta área ocorrem às maiores altitudes, 1220 metros no topo das escarpas.

Esta área foi denominada de planalto dissecado devido o trabalho que a drenagem exerce na paisagem, esculpindo vales mais escarpados, muitos deles em na forma de v. As rochas desse planalto são essencialmente básicas, onde em maior proporção aparecem os basaltos tabulares maciços seguido dos basaltos Fácies Campo Erê e basaltos lobados.

A diferença na estrutura dos derrames encontrados no município não se restringe apenas a geomorfologia, remete a origem destas lavas, e questiona novamente os mecanismos de ascensão e extravasamento do magma tendo em vista que nas áreas onde localizam-se os derrames lobados e Campo Erê são encontradas lavas *pahoehoe* do tipo *pipe* e em cordas, o que não caracteriza derrames fissurais e sim derrames de menor extensão, semelhantes aos que ocorrem ainda hoje no Hawai.

As 11 estruturas circulares em formas de depressão encontradas no município podem ser um indício de caldeiras vulcânicas ainda preservadas.

Conclusões importantes atreladas às unidades básicas dizem respeito às brechas peperíticas encontradas junto aos derrames lobados, que revelam que o contato das lavas se deu ainda em estado líquido com os sedimentos quais se encontravam também em meio sub-aquoso. Ambiente fluvial, indicado pela granodrecrescência dos grãos do sedimento e dobras penecontemporâneas.

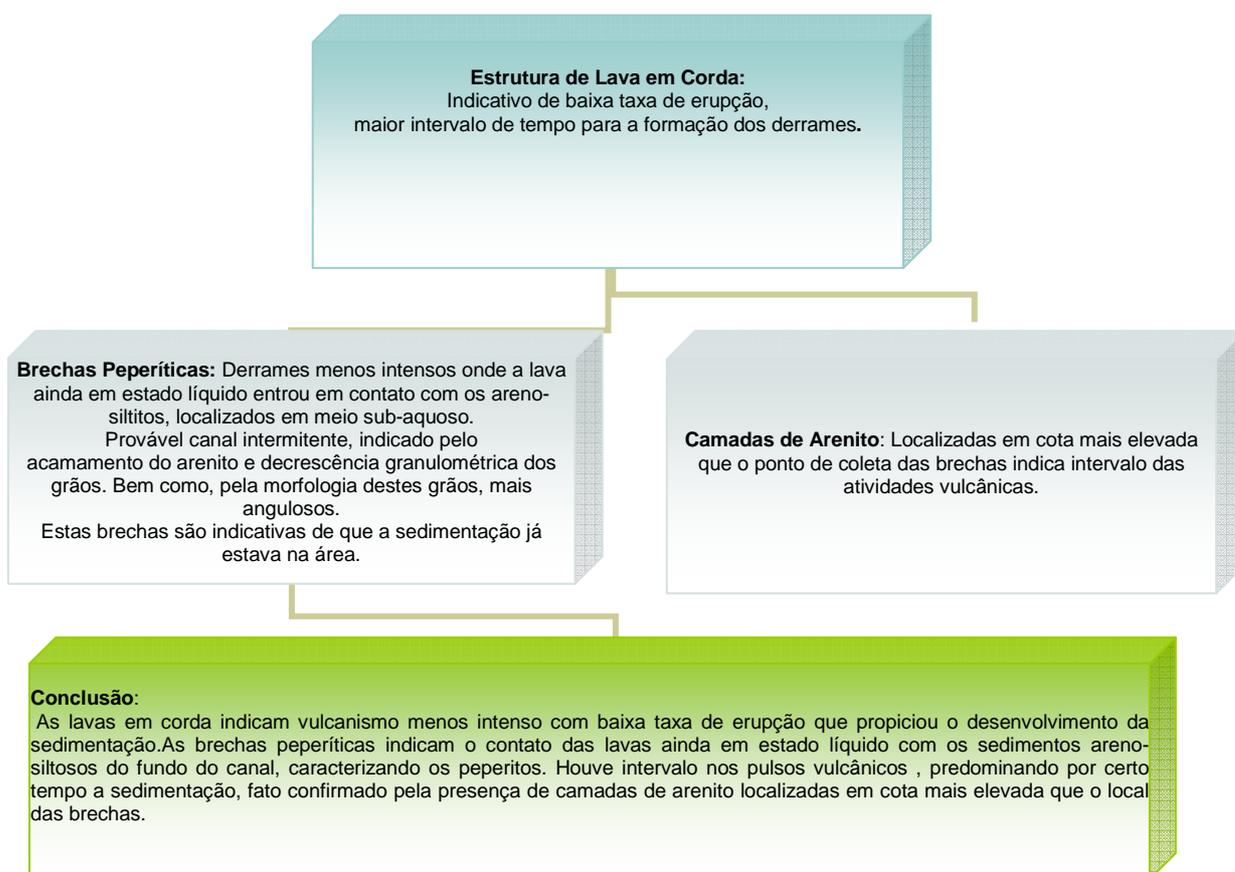
Neste sentido, como em um quebra-cabeças ao interpretar os derrames em corda, as lentes de arenitos e brechas peperíticas conclui-se que as lavas em corda são indicativo de baixo pulso vulcânico, houve diminuição nos processos eruptivos, associados a uma maior taxa de sedimentação, por isso, as lentes de arenito aparecem em diversos pontos da área de pesquisa.

E os peperitos? Estes tiveram sua origem atrelada a menores taxas eruptivas, onde os processos de sedimentação mesmo em ambiente sub-aquoso eram consideráveis. O organograma 2 exemplifica estas conclusões mostrando perfil

esquemático baseado em pontos de campo e análises microscópicas das brechas peperíticas.

ORGANOGRAMA 2- Relação entre as lavas em corda e os peperitos.

Organização: Eliza do Belém Tratz, 2009.



Sendo assim, estas conclusões foram importantes na compreensão do processo de interação entre as lavas e os sedimentos, sedimentos aquosos e eólicos.

Em outro sentido este trabalho buscou levantar a utilização das rochas encontradas no município de Guarapuava como recurso mineral, concluindo que a exploração mineral no município é baseada principalmente na produção de britas, cascalho, pedras de cantaria e areia de britagem, cuja produção 30.000 m³ ano é direcionada principalmente para a construção civil de Guarapuava e Pinhão.

Outra possibilidade de aproveitamento mineral no município surge dos rejeitos gerados durante o processo de produção das areias de britagem, os finos qual contém elementos essenciais ao solo, o P e K, quais podem ser aproveitados após tratamento biológico para a correção de solos agrícolas deficientes em, P e K.

Assim, a preocupação de aproveitar os finos ganha uma caráter econômico e ambiental uma vez que o produto rejeitado pelas empresas terá um aproveitamento comercial, deixando de ser rejeito e substituindo importações e ambiental, pois os fertilizantes obtidos após tratamentos biológicos são menos solúveis, a possibilidade de carreamento deste material para corpos d'água é aquíferos é menor.

Por outro lado às características das rochas não favorece o aparecimento de minerais nobres e, embora seja encontrado na região ametista, opala e ágata, estes não possuem uma boa qualidade para a exploração. Há estudos realizados pela MINEROPAR que visam à utilização da ametista queimada para a confecção de jóias.

Sendo assim este trabalho buscou a relação das rochas vulcânicas da Bacia do Paraná dentro do município de Guarapuava com as características de relevo do município de Guarapuava - PR, finalizando a pesquisa com o aproveitamento das rochas pela indústria mineral.

REFERÊNCIAS

AB'SÁBER, A.N. Megageomorfologia do território brasileiro. In: Cunha, S.B & Guerra, A.J. **Geomorfologia do Brasil**. Rio de Janeiro: BCD União de Editoras, 1998, p. 71-106.

ALLEN, R.L. (1988) **False pyroclastic textures** in altered sialic lavas, with implication for volcanic-associated mineralization. *Econ. Geol.* **83**: 1424-1446.

ALVES, L. **Solubilização de nutrientes contidos em rochas por fungos ectomicorrízicos**. Dissertação de mestrado em Biotecnologia, UFSC, 2006.

AMARAL, G; COSTA, A.P. Comportamento estrutural e estratigráfico das diferenciadas ácidas da formação Serra Geral na região sul da Bacia do Paraná. In: IV SIMPÓSIO REGIONAL DE GEOLOGIA, São Paulo. **Anais...** São Paulo: SBG, 1983 p.197-210.

AMARAL, S. E; LEINZ, V. **Geologia geral**. São Paulo: Companhia Editora Nacional, 14. ed, 2001.

ARBIETO, E, A, M de. **Biodisponibilização de nutrientes de rochas por microorganismos do solo**. Dissertação de mestrado em Biotecnologia, UFSC, 2005.

ARIOLI, E; LICHT, O.A. B; VASCONCELLOS; E.M. G; BONNET, K, L; SANTOS. M. do. Faciologia Vulcânica da Formação Serra Geral da Bacia do Paraná. In: IV SIMPÓSIO DE VULCANISMO E AMBIENTES ASSOCIADOS. Foz do Iguaçu. **Anais...** Foz do Iguaçu, 8 a 11 de Abril de 2008.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Agregados para concreto – Especificação**. ABNT, Rio de Janeiro, 2004.

ATLAS do Estado do Paraná. Curitiba: MINEROPAR, 2001. 1 Atlas.

BIGARELLA, J. J; BOLSANELO, A.; LEPROVOST, A. **Rochas do Brasil**. Rio de Janeiro: LTC, 1985.

BINDA, A.L; CAMARGO, M.F. Aspectos litoestratigráficos do Salto São Francisco, Guarapuava-PR. In: I WORKSHOP REGIONAL DE GEOGRAFIA E MUDANÇAS AMBIENTAIS. Guarapuava. **Anais...** Guarapuava: UNICENTRO, 2006. p 15-22.

BINDA; A.L; GOMES, M. de F, V. B. Identificação e mapeamento de áreas de mineração no município de Guarapuava – PR utilizando imagens digitais. *REVISTA CAMINHOS DA GEOGRAFIA*, v. 8 n.22, p. 38- 49, Setembro de 2007. Disponível em: <<http://WWW.ug.ufu.br/revista/caminhos/html>. Acesso em 15 de fev 2008.

BINDERMAN, I.N. **The Secrets of Supervolcanoes**. SCIENTIFIC AMERICA, v. 294, n.6, 2006. p. 26-33.

BOUSO, J. L. Aproveitamento da fração fina de britagem para a fertilização de solos produzidas em plantas de tratamento de pedras e areias e sua importância no impacto ambiental. In: II SUFFIB. SEMINÁRIO O USO DA FRAÇÃO FINA DE BRITAGEM, São Paulo. **Anais...** São Paulo, 2005 p.14 -21.

CAMARGO, M. F. **Aspectos fundamentais da evolução geomorfológica cenozóica da Bacia do rio Bananas - Guarapuava- PR**. Dissertação de mestrado, Programa de Pós Graduação em Geografia, UFSC. 1997. p. 25-36.

CAMPOS, A. C., CORDANI; U.G., KAWASHITA;K., SONOKI H.M; SONOKI, I.K. Age the Paraná Basin flood Volcanism. In: MELFI, A.J. **The Mesozoic flood volcanism of the Paraná Basin**. São Paulo: Universidade de São Paulo, 1988, p.27-34.

CASSETTI, V. **Elementos de Geomorfologia**. Goiania: Editora UFG, 2001.

CRÓSTA, A.P. Impact craters in Brazil how for we've gotten meteoritics. PLANETARY SCIENCE. V. 39. **Abstract**, 2004.

_____. **Processamento de imagens de sensoriamento remoto**. Campinas: IG Unicamp, 1992. 170p.

_____. **Crateras Meteoríticas no Brasil**. Textos de Glossário geológico ilustrado, 2006. Disponível em: <http://www.unb.br/in/glossário>. Acesso em 23 mai. 2009, 11:46.

COX, K. G; BELL, J. D; PANKHAURST, R. J. 1979. **The interpretation of igneous rocks**. London, George Allen and Unwin, 450 p.

CPRM – **Serviço Geológico do Brasil**. Geologia da borda sudeste da Bacia do Paraná. Disponível em: <[http:// www.cprm.gov.br/Aparados/ap_geol_pag01.htm](http://www.cprm.gov.br/Aparados/ap_geol_pag01.htm)>. Acesso em 12 jul 2008, 15h47min.

CPRM & MINEROPAR. **Texto explicativo do mapa geológico e dos recursos minerais do Sudoeste do Estado do Paraná**: Escala 1:200.000. Convenio CPRM (Secretaria de Geologia, Mineração e transformação mineral. Serviço Geológico do Brasil) e MINEROPAR (Minerais do Paraná), Curitiba, 2006.

CPRM & MINEROPAR. Companhia de Pesquisa e Recursos Minerais. E Minerais do Paraná. Curitiba, 2007. (Curitiba, PR). **Mapa geológico de Guarapuava**. Curitiba, 2007. 1 mapa. Escala de 1:200.000.

DALCIN, G. **Seleção de microorganismos disponibilizadores de nutrientes contidos em rochas, produtos e rejeitos de mineração**. Dissertação de mestrado em Biotecnologia, UFSC, 2008.

ENGESAT. Disponível em: <<http://www.engesat.com.br>> Acesso em 03 de março de 2009.

EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Brasília, Embrapa, 1999, 412 p.

FLORENZANO, T.G. Introdução a Geomorfologia. In: FLORENZANO, T.G. **Geomorfologia: Conceitos e tecnologias atuais**. São Paulo: Copyright. Oficina de Textos, 2008.

FRANK, H.T; WAICHEL, B.L; GOMES, M.E.B; FORMOSO, M.L.L. Basaltic ring structures in lava flows from the Serra Geral Formation at the Água Vermelha dam (São Paulo, Brazil) as collapse structures. In: SIMPÓSIO DE VULCANISMO E AMBIENTES ASSOCIADOS. Foz do Iguaçu. **Anais...** Foz do Iguaçu, 8 a 11 de Abril de 2008.

GLOSSÁRIO UNB: Disponível em: <<http://www.unb.br/in/glossário>> Acesso em 01 jun. 2009, 10:21.

HEERDT, B. **Proteção e Manejo do Rio das Pedras**: Relato de Experiências. Guarapuava: Editora B &D, 2004. P. 19-29.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia Estatística. Manual técnico de geomorfologia. In: NUNES, B. de A; RIBEIRO, M.I. C de; ALMEIDA; V.J. A de; TRENTO, N.F. Rio de Janeiro, 1995.

KLEIN, V.C; VALENÇA, J.G; VIEIRA, A.C. Ignimbritos do Vulcão de Nova Iguaçu e da "Chaminé do Lamego". In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA. **Anais...** Rio de Janeiro, 5 a 8 de Novembro de 1984.

LE BAS M.J, Le Maitre R.W, Streckeisen A., Zanettin B. 1986. **A classification of volcanic rocks based on the total alkalis-silica diagram**. J. Petrol., 27:745-750.

LE MAITRE, R. W. 1976. **The chemical variability of some common igneous rocks**. J. Petrol. v.17, p.589-637.

LEINZ, V. **Contribuição à geologia dos derrames basálticos do sul do Brasil**. São Paulo: Bol. Fac. Fil. Cie e Letras, 1949. 103p.

LIU, C.C; RODRIGUES, J.E. A Geometria da Iluminação solar e sua influência na observação de estruturas geológicas em imagens orbitais. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO. **Anais...** Natal, 1988. p. 294-302.

LOPES, K. 2008. Caracterização morfológica, petrográfica e química dos derrames da província magmática do Paraná, com ênfase para as rochas aflorantes no município de Guarapuava. Dissertação de Mestrado. Setor de Ciências da Terra. Universidade Federal do Paraná. 101p.

MAACK, Reinhard. **Breves notícias sobre a geologia dos Estados do Paraná e Santa Catarina**. BRAZIL ARCHIVES. BIOLOGY AND TECHNOLOGY, v. jubile, 2001. p. 169-288.

MAACK, R. **Geografia física do Estado do Paraná**. Curitiba: Imprensa Oficial 3. Ed, 2002.

MACDONALD, G.A. **Volcanoes**. Englewood Cliffs, Prentice-Hall, 1972. 510 p.

MAPA Geológico da folha de Guarapuava. MINEROPAR, 2007. 1 mapa. Escala 1: 250.000.

MAPA. Geológico das rochas vulcânicas da Bacia do Paraná. NARDY, A.J. R; BETENCOURT, R.H; VERDUGO, D.H. R, 1997.1 mapa. Escala gráfica.

MAPA. Localização da Bacia do Paraná. In: SILVA, D.R.A.de; A.M.P; DOS ANJOS S.M.C; KOESTER,E ; BORBA, A. W. Provenance Of Fine-Grained Sedimentary Rocks Derived From Rb-Sr And Sm-Nd Analyses: The Example Of The Santa Maria Formation (Triassic, Parana Basin, Southern Brazil). LATIN AMERICAN JOURNAL OF SEDIMENTOLOGY AND BASIN ANALYSIS. **Anais...** La Plata, agosto. v.13 n.2, 2006.

McPHIE, J. (1993) **Volcanic Textures**: a guide for interpretation of textures in volcanic rocks. Tasmanian Government Printing Office. 196p.

MARQUES, L.S; PICCIRILLO, E.M; MELFI, A.J; COMIN-CHIARAMONTI, P; BELLIENI, G. Distribuição de terras raras e outros elementos traços em basalto da Bacia do Paraná (Brasil Meridional). GEOCHIMICA BRASILIENSIS. 3. (1). p.33-50, 1989).

MARQUES, L.S. & ERNESTO, M. **O Magmatismo Toleítico da Bacia do Paraná**. p. 245-263. In: MATOSSO-NETO, V; BARTORELLI, A.; CARNEIRO, D.R.; BRITO NEVES, B.B, 2004. Geologia do Continente Sul Americano: evolução da obra de Fernando Flávio Marques de Almeida. 2004. Beca Editora. 604 p, 2004.

MELFI, A.J. **The Mesozoic flood volcanism of the Paraná Basin**. São Paulo: Universidade de São Paulo, 1988.

MELFI, A. J; E, M; PICCIRILO; NARDY, A, J, R. **Geological and magmatic aspects of the Paraná Basin-an introduction**. In: MELFI, A.J. The Mesozoic flood volcanism of the Paraná Basin. São Paulo: Universidade de São Paulo, 1988. p.01-11.

MINEROPAR – FAMEPAR - Prefeitura Municipal de Guarapuava, **Geologia do planejamento – Plano Diretor de desenvolvimento urbano de Guarapuava**. Prefeitura Municipal de Guarapuava, 1992.

MINEROPAR. Economia mineral: Produção 1998- 2004. Disponível em: <<http://www.mineropar.pr.gov.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=48>> Acesso em 18/03/2008, 15:00.

MIRANDA, J.M; LUIS, J.F; COSTA, P.T; SANTOS, F.M. **Fundamentos de Geofísica**, capítulo 4. p.108. Disponível em: <http://www.cgul.ul.pt/docs/Cap4_Forma_da_Terra.pdf>. Acesso em 22/12/2009.

MOTOKI, A; SOARES, R; SICHEL, E.S; NETTO, A.M; AIRES, J.R; LOBATO M; PETRALKIS, G.H. Rochas Piroclásticas de Nova Iguaçu, RJ. Um vulcão extinto ou condutos e fissuras subvulcânicos? In: In: IV SIMPÓSIO DE VULCANISMO E AMBIENTES ASSOCIADOS. Foz do Iguaçu. **Anais...** Foz do Iguaçu, 8 a 11 de Abril de 2008.

MÜLLER, M.L; POTT, C.A. Cobertura pedológica na Bacia do Rio das Pedras – Guarapuava – PR. In: BATTISTELLI, M. CAMARGO, M.F. HEERDT, B. **Proteção e Manejo do Rio das Pedras**: Relato de Experiências. Guarapuava: Editora B &D, 2004. P. 77-83.

NARDY, Antonio José Ranalli **Geologia e petrologia do vulcanismo mesozóico da região central da Bacia do Paraná**. Tese de Doutorado IGCE-UNESP. Rio Claro, 1995.

NARDY, A. J. R; MACHADO, F.B; OLIVEIRA A.F de. As rochas vulcânicas mesozóicas ácidas da Bacia do Paraná: Litoestratigrafia e considerações geoquímico-estratigráficas. In: REVISTA BRASILEIRA DE GEOCIÊNCIAS. São Paulo, 01 -23 de março de v. 38, p. 26-33, 2008.

PARMA, G.C. Processamento de imagem ASTER para a obtenção do MDE e da imagem ortoretificada do município de Palhoça, SC, Brasil. IN: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO. São José dos Campos. INPE. **Anais...** São José dos Campos, São Paulo 07 de 2007. P. 2405-2412.

PEATE, D.W; HAWKESWORTH, C.J; MANTOVANI, M.S.M. 1992. Chemical stratigraphy of Paraná lavas (South America): classification of magma types and their spatial distribution. BULLETIN OF VOLCANOLOGY. V. 55, p.119-139.

PERONI, R. **Geologia Física**: Aula 14, Geologia de engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2003.

PRESS, F; GROTZINGER, J; SIEVER. R; JORDAN, T.H. Vulcanismo. In: PRESS, F; GROTZINGER, J; SIEVER. R; JORDAN, T.H. **Pra entender a Terra**. Porto Alegre: Bookman 4ªed, 2006, Tradução Ronaldo Menegat et al. 656 p. p. 144-160.

RIBEIRO, A. G. **Paisagem e organização espacial na região de Palmas e Guarapuava**. Tese de doutorado USP, São Paulo, 1989.

ROISENBERG, A; VIERO, A. P. **O Vulcanismo Mesozóico da Bacia do Paraná no Rio Grande do Sul**. In: HOLZ, M; De ROSS, L.F. Geologia do Rio Grande do Sul. Porto Alegre: CIGO/UFRGS, 2000. p. 355-374.

RUBIO, M.A. F; RUBIO, M.R. B; ALEXANDRE, F. FELSKI, G. LUSTOSA, A.C. Aerofotogrametria e cadastro sócio-ambiental. In: BATTISTELLI, M. CAMARGO, M. **Proteção e Manejo do Rio das Pedras**: Relato de Experiências. Guarapuava: Editora B &D, 2004. P. 19-29

SILVA, I.S da. **Ocorrência, utilização e conservação dos recursos minerais do município de São João do Sul – SC**. Dissertação de mestrado, Programa de Pós Graduação em Geografia, UFSC. 2006. p. 19-23.

SILVA FILHO, G. N; OLIVEIRA, V. L.; TOMAZZOLI, E. R.; LOVATO, P. E. 2004. Biodisponibilização de nutrientes em rochas para agricultura e silvicultura. Projeto de Pesquisa. Projeto de Pesquisa financiado pela Fundação de Ciência e Tecnologia – FUNCITEC (NºSPP: FCTP3680/037).

SKILLING, IP; WHITE, J.D.L; MCPHIE, J. A *Peperite: a review of magma-sediment mingling*. **Journal of Volcanology and Geothermal Research**, 114 (1-2). pp. 1-17.

_____**A Processes and products of magma – sediment mingling**. Amsterdam: Elsevier. 2002. 270 p.

SKILLING I. P; IMAI, T. BUSBY, C.J; DEOREO, S. **Andesitic magma-wet sediment interaction in a montane fluvial setting: understanding the Miocene Mehrten Formation at Kirkwood, California**. Field Trip Guide, Kirkwood Peperite. 25 July 2004. VSSAC Field Trip Central Sierra 22. Disponível em:
< http://www.geol.ucsb.edu/faculty/busby/VSSAC_pdf/Paper2.pdf.> Acesso em 04 mai, 2009.

SUGUIO, K. **Introdução a sedimentologia**. São Paulo: Edgard Blücher, 1973.

TEIXEIRA, W et. Al. **Decifrando a terra**. São Paulo: Oficina de Textos, 2000. 2ª Reimpressão, 2003. 568 p.

THOMAZ, E. L; VESTENA, L. R. **Aspectos climáticos de Guarapuava-PR**. Guarapuava: Unicentro, 2003.105 p.

TOMAZZOLI, E.R. **Fotografias aéreas em computador**: Uma metodologia para visualização do relevo e ortoretificação. Florianópolis: Ed. do autor, 2006. 92 p.

TOMAZZOLI, E. R. (2007). **Seleção de Organismos Disponibilizadores de Nutrientes de Rochas para uso na Agricultura**. Relatório Final de Pesquisa. Depto. de Geociências – UFSC. Inédito, 26p.

TRATZ, E, B. do. **Análise e comparação da areia de britagem produzida em Guarapuava-PR com as areias fluviais advindas do Rio Tibagi nas proximidades de Ponta Grossa - PR**. Relatório de estágio para conclusão do curso em Geografia Bacharelado, UNICENTRO, Guarapuava, Paraná, 2005.

VALERIANO, M.M de. Dados Topográficos. In: FLORENZANO, T.G. **Geomorfologia: Conceitos e tecnologias atuais**. São Paulo: Copyright. Oficina de Textos, 2008.

VOLKMER, S; FORTES, E. Análise preliminar da geomorfologia dos terrenos vulcânicos da região oeste do Estado do Paraná. In: X SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA. Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro 10 de 2003.

WAICHEL B.L; LIMA E. F de; LUBACHESKY, R; SOMER, C.A. Peperitos da Formação Serra Geral: Um exemplo da porção Oeste do Estado do Paraná. In: III SIMPÓSIO DE VULCANISMO E AMBIENTES ASSOCIADOS. Cabo Frio. **Anais...** Cabo Frio, 02 a 07 de Agosto de 2005.

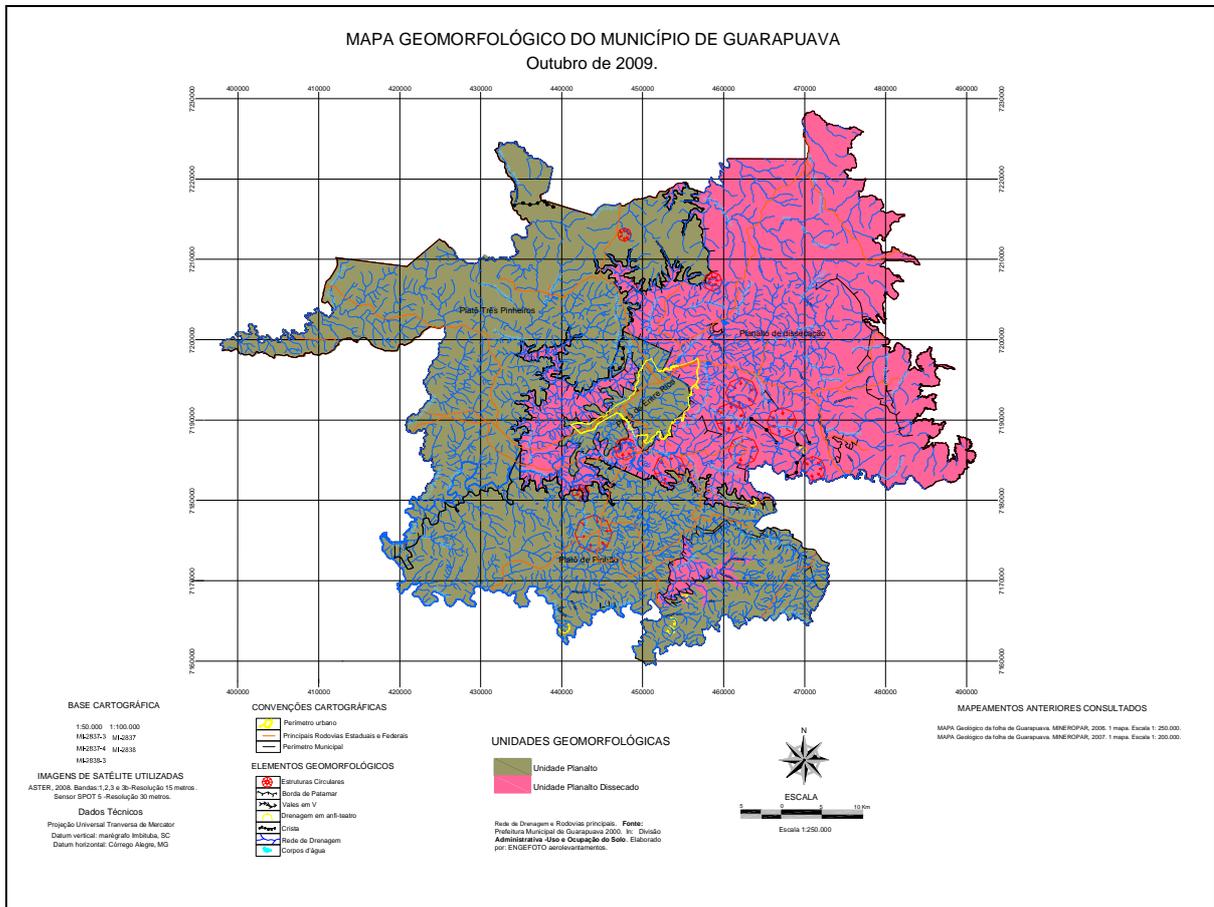
WAICHAL, B.L. Lavas do tipo pahoehoe na região Oeste do Paraná: Descrição e implicações na formação do magmatismo Serra Geral. REVISTA VARIA SCIENTIA. v.05. n.10, dezembro de 2005. p. 59-64

_____. **Estruturação de Derrames e interação lava-sedimento na Porção Central da Província Basáltica Continental do Paraná**. Tese de doutorado. Programa de Pós Graduação em Geociências da Universidade do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2006.

WINCHESTER, J.A. & FLOYD, P.A. 1977. **Geochemical discrimination of different magma series and their differentiation products using immobile elements**. Chemical Geology, 20: 325-343.

ANEXO

ANEXO 2- MAPA GEOMORFOLÓGICO



ANEXO 3- TABELA DE ANÁLISES QUÍMICAS DE TRABALHOS ANTERIORES SOBRE AS ROCHAS DO MUNICÍPIO DE GUARAPUAVA-PR.

ANÁLISES QUÍMICAS DE TRABALHOS ANTERIORES

Litotipo	Lopes (2008)																Nardy et al. (2008)	
	Localidade						Município de Guarapuava										Planalto de Guarapuava-Pinhão	
	Basalto	Basalto	Basalto	Basalto	Basalto	Dacito	Basalto	Basalto	Basalto	Dacito	Dacito	Basalto	Basalto	Basalto	Basalto	Rocha Ácida	ha Ácida	
Análise	AM 1	AM 2	AM 5B	AM 6A	AM 7B	AM 9	AM 10	AM 10B	AM 11	AM 11A	AM 13	AM 14	AM 15	AM 16A	AM 16B	HI	K	
SiO ₂	53,97	50,14	54,45	49,44	52,26	64,52	50,3	50,08	50,86	64,09	64,07	51,33	51,46	49,89	52,09	65,02	64,66	
TiO ₂	1,38	1,45	1,8	1,39	1,43	1,49	4,06	4,03	3,77	1,48	1,5	3,6	2,27	4,04	1,46	1,54	1,53	
Al ₂ O ₃	13,49	14,35	12,77	13,65	13,36	12,8	12,33	12,6	12,43	12,73	13,49	12,03	12,25	12,17	13,34	13,14	13,51	
Fe ₂ O ₃	13,53	13,38	15,3	14,48	13,74	8,19	15,53	15,85	15,32	8,3	7,93	15,83	17,77	15,66	14,21	7,37	7,34	
MnO	0,17	0,17	0,16	0,2	0,19	0,15	0,19	0,2	0,21	0,14	0,15	0,24	0,18	0,19	0,19	0,1	0,12	
MgO	4,68	5,83	2,94	5,94	5,42	1,33	4,13	4,3	3,97	1,31	1,45	3,46	3,64	4,23	5,26	1,58	1,42	
CaO	8,17	8,84	6,59	10,9	9,11	2,79	8,32	8,23	8,03	2,86	2,88	7,28	7,87	8,24	9,09	2,96	3,11	
Na ₂ O	2,54	2,2	2,78	2,26	2,32	3,5	2,61	2,51	2,57	3,45	3,41	2,61	2,82	2,45	2,32	3,43	3,59	
K ₂ O	1,58	0,99	3,07	0,41	1,1	4,14	1,16	1,38	1,79	3,91	4,37	2,02	1,38	1,3	1,12	4,4	4,08	
P ₂ O ₅	0,17	0,18	0,28	0,14	0,16	0,42	0,52	0,52	0,66	0,41	0,42	0,76	0,21	0,51	0,16	0,47	0,47	
LOI	0,3	1,96	0,42	0,26	0,26	0,28	1,01	0,84	0,64	0,46	1,32	0,43	0,31	1,09	0,68	0,98	0,8	
Total	99,98	99,49	100,56	99,07	99,35	99,61	100,16	100,54	100,25	99,14	100,99	99,59	100,16	99,77	99,92	100,99	100,63	
K	13116	8218	25485	3404	9131	34367	9630	11456	14859	32458	36277	16769	11456	10792	9297	36526	33869	
Ba	272	266	287	81	152	1213	319	363	390	1132	1196	501	103	328	85	960	990	
Rb	56	63	141	11	38	115	26	27	35	115	118	37	44	24	38	102	93	
Sr	196	221	149	171	144	423	430	432	378	464	437	441	129	429	138	382	378	
Cs																-	-	
P	370,92	392,74	610,93	305,47	349,1	916,4	1134,59	1134,59	1440,05	894,58	916,4	1658,24	458,2	1112,77	349,1	1025,49	1025,49	
Ta																-	-	
Nb	14	14	17	9	10	66	26	25	26	65	68	27	11	26	11	50	51	
Hf																-	-	
Zr	121	124	126	107	113	316	166	166	159	318	324	182	117	166	113	648	658	

Ti	8273	8693	10791	8333	8573	8933	24340	24160	22601	8873	8993	21582	13609	24220	8753	9232	9172	
Y	41	52	45	23	28	67	28	28	30	62	66	34	32	27	27	66	66	
Th																8,79	*	
U																1,97	*	
Cr	41	40	26	67	126		21	18	19	9		13	19	22	118	*	*	
Ni	64	68	56	73	74	46	57	59	55	47	46	49	59	59	73	4	4	
Sc																*	*	
V	139	164	190	154	155	144	404	395	346	151	152	311	221	395	160	*	*	
Cu	158	117	169	172	155	13	203	206	135	9	7	130	205	212	168	7	7	
Zn	88	96	101	79	85	121	139	123	132	147	164	121	127	139	91	*	*	
Sn																*	*	
W																*	*	
Cl																*	*	
La	46	40	24	19	21	96	44	38	56	94	97	59	27	50	24	62	*	
Ce																140	*	
Pr																*	*	
Nd																68,4	*	
Sm																15,3	*	
Eu																3,55	*	
Gd																13,2	*	
Tb																*	*	
Dy																11,5	*	
Ho																*	*	
Er																5,94	*	
Tm																*	*	
Yb																	4,83	*
Lu																	0,72	*

ANEXO 4- TABELA DE ANÁLISE QUÍMICA DOS LITOTIPOS ENCONTRADOS EM GUARAPUAVA.

Litotipo	Basalto	Dacito	Dacito	Solo-dacito	Solo-basalto
Fonte	An. Geosol	An. Geosol	An. Geosol	An. Geosol	An. Geosol
Amostra	GP 101c	GP 110b	GP 17b	GP 111	GP 119
Coordenadas	Lat:	25°29,923'S	25°19,243'S	25°29,913'S	25° 23,648'S
	Long:	51°34,086'W	51°30,215'W	51°34,305'	51°25,249'W
SiO ₂ (peso%)	49,6	64,9	63,4	18,5	35,8
TiO ₂	1,2	1,35	1,34	3,66	2,99
Al ₂ O ₃	13,7	13,3	12,8	33,8	24,2
Fe ₂ O ₃	14,2	7,54	8,29	19,4	23,8
MnO	0,22	0,15	0,17	0,1	0,11
MgO	5,59	1,14	1,23	0,14	0,3
CaO	11,3	2,96	3,31	0,13	0,05
Na ₂ O	2,34	3,68	3,58	0,1	0,1
K ₂ O	0,38	3,87	3,9	0,09	0,13
P ₂ O ₅	0,136	0,465	0,46	0,27	0,13
LOI	0,29	0,54	0,54	22,7	11,73
Total	98,96	99,9	99,02	98,89	99,34
K (ppm)	3154	32126	32375	747	1079
Ba	127	998	1004	125	53
Rb	5	20	8	5	5
Sr	175	369	362	58	9
Li	6	16	0,67	26	20
P	296,74	1014,58	1003,67	589,11	283,65
Zr	96	609	627	1036	229
Ti	7194	8093	8033	21942	17925
Y	25	56	59	43	28
Th	20	20	20	37	20
U	20	20	20	20	20
Cr	47	10	8	51	46
Ni	50	3	3	3	26
Co	42	8	8	8	19
Sc	44	13	12	33	54
V	346	34	29	165	496
Cu	155	5	13	15	206
Pb	21	13	122	51	10
Zn	108	134	134	99	107
Bi	20	20	20	20	20
Cd	3	3	3	3	3

Sn	20	20	20	20	20
W	20	20	24	20	20
Mo	3	3	3	3	3
Be	3	3	4	3	3
Ag	3	3	3	3	3
Se	20	20	*	20	20
Sb	10	*	*	10	*
La	20	58	58	103	23

ANEXO 5- ANÁLISES MICROMORFOLÓGICAS DAS ROCHAS ANÁLISE PETROGRÁFICA

1. IDENTIFICAÇÃO DO MATERIAL

AMOSTRA: GP 15

PROCEDÊNCIA: Cachoeira Rio Pinhãozinho UTM 22J 455832, 7173606

APROVEITAMENTO:

2. DESCRIÇÃO MACROSCÓPICA

COR: marrom avermelhado

GRANULAÇÃO: fina/média

MINERALOGIA: plagioclásio tabular, grãos quartzosos de areia, amídalas de sílica

ESTRUTURA: porções fragmentárias de arenito dispostas segundo um alinhamento geral acompanhando fino dique com até 1 cm de espessura, cortando o basalto fino. Essas porções de arenito são irregulares, fazendo contato com o basalto segundo bordas arredondadas, irregulares e festonadas, indicando interação no estado líquido (mingling) entre a areia subaquosa e o magma basáltico. (Figura - foto na máquina da Eliza)

TEXTURA: No basalto, textura intergranular definida pela trama dos plagioclásios tabulares; no arenito, textura clástica.

DEFORMAÇÃO TECTÔNICA: ausente

GRAU DE ALTERAÇÃO INTEMPÉRICA: pouco intemperizada

COERÊNCIA: coerente

3. DESCRIÇÃO MICROSCÓPICA

DIMENSÕES DOS COMPONENTES

DESCRIÇÃO DOS COMPONENTES

(essa lâmina enfoca somente o basalto, se o contato com o arenito)

Estrutura micro-amidalóide, com grande concentração de micro amídalas de opala (Figura 1), que exibem cor verde pálido em luz refletida.

Rocha afírica, exibindo textura intergranular fina/média, com plagioclásio tabulares atingindo até 1,9 cm, circundados por minerais opacos (óxidos hidróxidos de ferro), provenientes de desvitrificação ou alteração hidrotermal de piroxênios, magnetitas/ilmenitas.

4. ESTIMATIVA MODAL (Válida somente para a lâmina delgada analisada).

Plagioclásio	30%
Clinopiroxênio	10%
Óxidos/hidróxidos de ferro	40%
Amídalas de opala	20%

5. CLASSIFICAÇÃO PETROGRÁFICA

Basalto amidalóide

6. DIAGNÓSTICO DE QUALIDADE DO MATERIAL

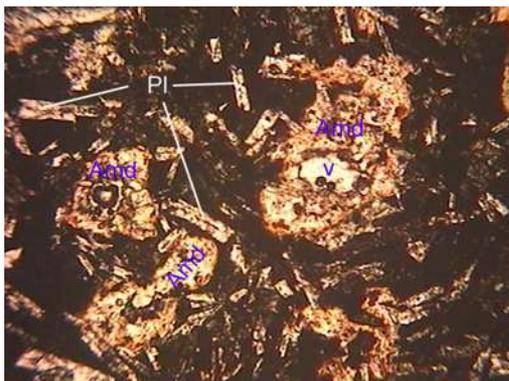


Figura 1 – Fotomicrografia mostrando amídalas de opala (Amd), algumas com porções vazias no centro (V), na rocha basáltica, constituída por trama de plagioclásios tabulares circundados por minerais opacos.

Florianópolis, 07 de maio de 2009.

Edison Ramos Tomazzoli – Depto de Geociências - UFSC

ANÁLISE PETROGRÁFICA

1. IDENTIFICAÇÃO DO MATERIAL

AMOSTRA: **GP 16**

PROCEDÊNCIA: Guarapuava – Praça da Fé

APROVEITAMENTO:

2. DESCRIÇÃO MACROSCÓPICA

COR: rosada

GRANULAÇÃO: fina

MINERALOGIA: feldspato, minerais máficos

ESTRUTURA: tênue bandamento ígneo

TEXTURA: pórfira

DEFORMAÇÃO TECTÔNICA: ausente

GRAU DE ALTERAÇÃO INTEMPÉRICA: amostra inalterada

COERÊNCIA: muito coerente

3. DESCRIÇÃO MICROSCÓPICA

DIMENSÕES DOS COMPONENTES

Plagioclásio	até 6 mm
Feldspato potássico	até 4 mm
Clinopiroxênio	até 2 mm
Carbonato	amídalas co até 3 mm
Apatita	até 1 mm
Quartzo	<0,2 mm
Minerais opacos	até 2 mm

DESCRIÇÃO DOS COMPONENTES

Textura glomeroporfirítica, dada pelo agrupamento de fenocristais de plagioclásio e piroxênio sobre matriz muito fina constituída basicamente pelo intercrescimento entre quartzo e feldspato potássico (matriz felsítica) e em menor proporção, por cristálitos. Em setores bastante restritos da matriz, ocorrem restos de vidro vulcânico.

O plagioclásio ocorre em fenocristais tabulares euédricos (Figura 2), com geminações polissintéticas características.

O feldspato potássico ocorre também em fenocristais euédricos não geminados ou com geminações simples.

Clinopiroxênios ocorrem como fenocristais prismáticos, pouco menores do que os feldspatos, euédricos a subédricos, de cor verde claro, não pleocróicos. Exibem extinção oblíqua e ângulo 2V elevado. Trata-se de augita (Figura 3).

Apatita ocorre em fenocristais menores, constituindo microfenocristais (Figura 3). Ocorre também em cristais menores associados à matriz. É incolor e exibe hábito prismático alongado, com extinção reta e seções basais hexagonais

Os minerais opacos ocorrem em grãos de hábito cúbico ou granular ou ainda como uma massa de diminutos grãos associados à matriz. Trata-se, provavelmente de magnetita.

Ocorrem ainda esparsas vesículas preenchidas por carbonato.

O quartzo ocorre em diminutas porções intersticiais, sempre associado à matriz felsítica.

4. ESTIMATIVA MODAL (Válida somente para a lâmina delgada analisada).

Plagioclásio	15%	
Clinopiroxênio		5%
Carbonato		<1%
Apatita		1%
Quartzo		10%
Minerais opacos		5%
Matriz felsítica		74%

5. CLASSIFICAÇÃO PETROGRÁFICA

Riolito pórfiro (classificação baseada em dados químicos, uma vez que deve haver quantidade indeterminada de quartzo associada à matriz felsítica)

6. DIAGNÓSTICO DE QUALIDADE DO MATERIAL

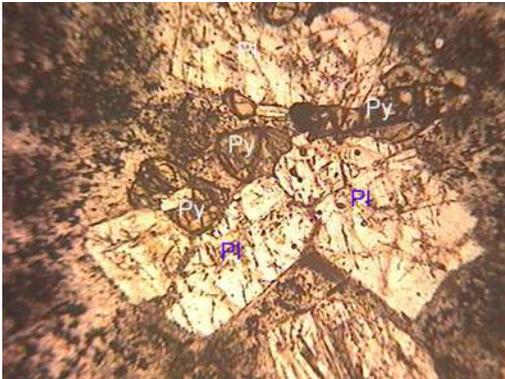


Figura 1 – Fotomicrografia mostrando textura glomeroporfírica formada pelo agrupamento de fenocristais de plagioclásio (Pl) e piroxênio (Py). Luz natural polarizada (LN). Comprimento da foto=4 mm.



Figura 2 – Fotomicrografia mostrando fenocristal euédrico de plagioclásio sobre matriz muito fina. Luz polarizada analisada (LP). Comprimento da foto=4 mm.

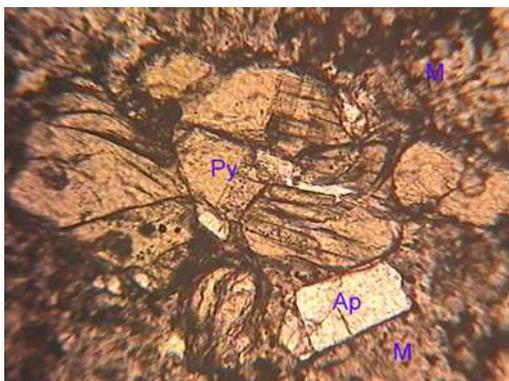


Figura 3 – Fotomicrografia mostrando fenocristais de augita (Py) e apatita sobre matriz felsítica (M). Luz natural polarizada (LN). Comprimento da foto=1,4 mm.

Florianópolis, 12 de janeiro de 2009.

Edison Ramos Tomazzoli – Depto. de Geociências UFSC

ANÁLISE PETROGRÁFICA

1. IDENTIFICAÇÃO DO MATERIAL

AMOSTRA: **GP 117a**

PROCEDÊNCIA: Guarapuava, pequena pedreira em rodovia UTM 22J – 449315, 7199434

APROVEITAMENTO:

2. DESCRIÇÃO MACROSCÓPICA

COR: castanhoavermelhado

GRANULAÇÃO: grossa

MINERALOGIA: feldspatos, óxido de ferro

ESTRUTURA: amostra maciça, cortada por falhamento de direção N40°W; 90° (direção do alinhamento Piquiri.) que desenvolve brecha de falha, de 5cm de espessura, com evidências de movimentação transtensiva sinistral, que se prolonga nessa direção (Fig. 1).

TEXTURA: pórfira, com fenocristais de feldspato.

DEFORMAÇÃO TECTÔNICA: falhamento, produzindo brechação

GRAU DE ALTERAÇÃO INTEMPÉRICA: amostra inalterada

COERÊNCIA: muito coerente

3. DESCRIÇÃO MICROSCÓPICA

DIMENSÕES DOS COMPONENTES

Na brecha de falha

Quartzo

0,1 a 1 mm

Plagioclásio

0,1 a 1 mm

Clinopiroxênio

0,1 a 0,3 mm

Fragmentos da matriz hemivítrea

0,5 a 4 mm

Cimento de óxido férrico

DESCRIÇÃO DOS COMPONENTES

Fragmentos de quartzo, plagioclásio e de clinopiroxênio (mais raros) e também fragmento da matriz hemivítrea da rocha ácida brechada, bastante angulosos. (Figs. 2 e 3) Esses fragmentos apresentam dimensões variadas e estão cimentados por óxidos ferrosos, opacos à luz transmitida, porém avermelhados à luz refletida.

4. ESTIMATIVA MODAL (Válida somente para a lâmina delgada analisada).

Na brecha de falha

Quartzo	12%
Plagioclásio	6%
Clinopiroxênio	2%
Fragmentos da matriz hemivítrea	30%
Cimento de óxido férrico	50%

5. CLASSIFICAÇÃO PETROGRÁFICA

Brecha de falha



Figura 2 – Fotomicrografia mostrando aspectos gerais da brecha de falha. Fragmentos angulosos de quartzo (Qz), plagioclásio (Pl) e da matriz hemivítrea cimentados por óxidos ferrosos (material escuro). Luz natural polarizada (L.N.) Comprimento da foto=7 mm.

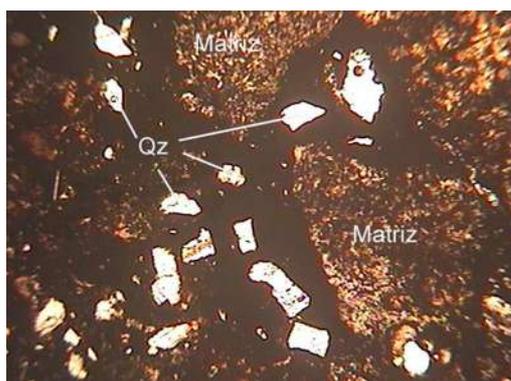


Figura 3 – Fotomicrografia mostrando detalhes da textura-estrutura da brecha de falha, como fragmentos ângulosos de quartzo (Qz) cimentados por óxidos ferrosos (material escuro), juntamente com fragmentos da matriz da rocha ácida brechada. Luz natural polarizada. Comprimento da foto=4 mm.

Florianópolis, 30 de junho de 2009.

Edison Ramos Tomazzoli – Geólogo – Depto. de Geociências - UFSC

ANÁLISE PETROGRÁFICA

1. IDENTIFICAÇÃO DO MATERIAL

AMOSTRA: **GP 17b**

PROCEDÊNCIA: Guarapuava, pequena pedreira em rodovia UTM 22J – 449315, 7199434

APROVEITAMENTO:

2. DESCRIÇÃO MACROSCÓPICA

COR: castanho avermelhado

GRANULAÇÃO: Grossa

MINERALOGIA: Felspatos, óxido de ferro

ESTRUTURA: bandeamento, caracterizado pela alternância de camadas centimétricas de cor cinza-claro, com camadas mais escuras, castanho-avermelhadas (Fig. 7).

TEXTURA: pórfira, com fenocristais de feldspato

DEFORMAÇÃO TECTÔNICA: ausente

GRAU DE ALTERAÇÃO INTEMPÉRICA: pouco intemperizada

COERÊNCIA: muito coerente

3. DESCRIÇÃO MICROSCÓPICA

DIMENSÕES DOS COMPONENTES

Plagioclásio	0,5 a 4 mm
Clinopiroxênio (augita)	0,2 a 3 mm
Apatita	0,1 a 1 mm
Óxido de ferro (magnetita)	0,05 a 1,2 mm
Quartzo	0,05 a 0,4 mm
Carbonato	0,05 até porções c/ 1 mm

DESCRIÇÃO DOS COMPONENTES

Pronunciado bandeamento, caracterizado, macroscopicamente, pela alternância de camadas mais claras e mais escuras e avermelhadas. Microscopicamente as camadas mais escuras e avermelhadas exibem matriz com maior grau de impregnação por óxidos ferruginosos de cor avermelhada, liberados dos cristais de magnetita devido a alteração hidrotermal. Essa feição pode ser melhor observada sob luz refletida, utilizando-se lupa binocular com grande aumento (Fig. 5).

Texturalmente não há grandes diferenças entre as bandas claras e as mais escuras, avermelhadas. Ambas são caracterizadas por fenocristais de feldspatos e piroxênios dispostos sobre uma matriz muito fina, hemi-vítrea, configurando textura porfírica ou glomeroporfírica (Fig. 1). Essa matriz é caracterizada por porções mais claras à luz natural, constituídas por material vítreo ou de baixo grau de cristalinidade, muitas vezes exibindo fraturas perlíticas (Fig 2). Essas porções estão circundadas por material de grau de cristalinidade mais alto, constituído por micrólitos de feldspato e pequenos cristais de magnetita em trama intergranular. Nas bandas mais escuras, essas porções tornam-se avermelhadas pela maior liberação de óxidos ferruginosos vermelhos pela magnetita (Fig. 5).

Plagioclásios são os fenocristais predominantes. São euédricos a subédricos e exibem geminações polissintéticas características. Alguns apresentam-se parcialmente substituídos por carbonatos secundários. (Fig 3).

Clinopiroxênio ocorre também como fenocristais subédricos (Fig. 1), de cor verde-claro framente pleocróicos, geralmente pouco menores do que os de feldspato. Trata-se da augita.

Sobre a matriz hemivítrea, ocorrem ainda microfenocristais prismáticos e aciculares de apatita (Fig. 4), com dimensões menores do que a dos feldspatos e piroxênios.

O quartzo ocorre ocupando pequenos espaços intersticiais entre cristalitos e micrólitos da matriz (Fig. 6).

4. ESTIMATIVA MODAL (Válida somente para a lâmina delgada analisada).

Plagioclásio 15%

Clinopiroxênio (augita)	5%	
Apatita		2%
Óxido de ferro (magnetita)		5%
Quartzo		2%
Carbonato		1%
Matriz hemivítrea		70%

5. CLASSIFICAÇÃO PETROGRÁFICA

Petrograficamente a amostra seria classificada com **Latito**. Porém, devido a um provável teor de sílica elevado na matriz hemivítrea, a amostra poderá ser classificada com um **riolito/riodacito**.

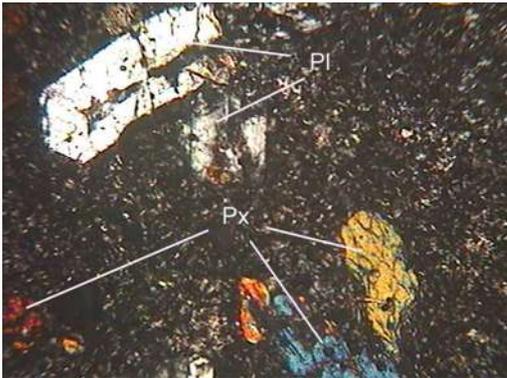


Figura 1 – Fotomicrografia mostrando fenocristais de plagioclásio (pl) e piroxênio (Px) sobre matriz hemivítrea. Luz polarizada (LP). Comprimento da foto=4 mm.

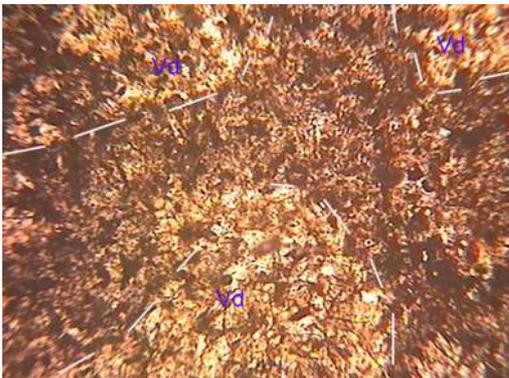


Figura 2 – Fotomicrografia mostrando textura vitroclástica, caracterizada por porções de baixo grau de cristalinidade (Vd) circundadas por porções mais cristalinas. Luz natural polarizada (LN). Comprimento da foto=10 mm.

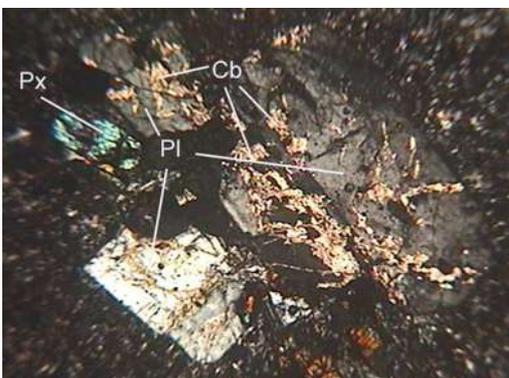


Figura 3 – Fotomicrografia mostrando fenocristais de plagioclásio (PI) parcialmente substituídos por carbonato (Cb). Px=piroxênio. Luz polarizada. Comprimento da foto=4 mm.



Figura 4 – Fotomicrografia mostrando cristal de apatita (Ap) sobre matriz hemivítrea. Luz natural polarizada (L.N.). Comprimento da foto=2 mm.



Figura 5 – Fotografia a luz refletida, tomada com lupa binocular, mostrando cristal de magnetita (Mn) com liberações de óxidos ferrosos avermelhados em seu entorno sobre matriz heimivítrea. Na matriz, as porções mais claras e escuras são as mesmas descritas na Figura 2.

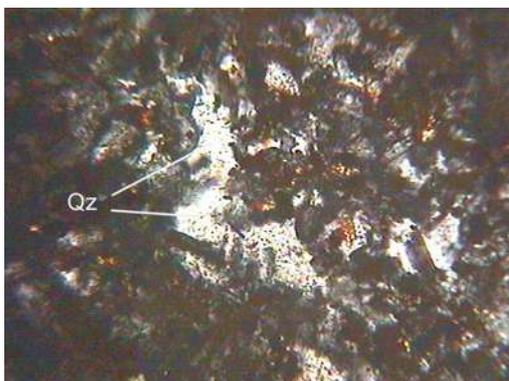


Figura 6 – Fotomicrografia mostrando o quartzo (Qz) ocupando espaços intersticiais entre cristalitos e micrólitos da matriz. Luz polarizada (L.P.). Comprimento da foto=1 mm.

Florianópolis, 29 de junho de 2009.

ANÁLISE PETROGRÁFICA

1. IDENTIFICAÇÃO DO MATERIAL

AMOSTRA: **GP 101a**

PROCEDÊNCIA: Guarapuava (PR) – Br 277, Cachoeira do Arroio Lageadinho UTM 464250, 7195295

APROVEITAMENTO:

2. DESCRIÇÃO MACROSCÓPICA

OBSERVAÇÃO: Amostra composta por duas porções: a) basalto eqüigranular fino que constitui a maior parte do maciço –b) intrusão de camada de basalto tubular na rocha anterior; basalto de grão grosso, com vesículas e amídalas.

a) BASALTO EQÜIGRANULAR FINO

COR: cinza escuro

GRANULAÇÃO: fina

MINERALOGIA: não distinguível a olho nu

ESTRUTURA: maciça

TEXTURA: eqüigranular fina

DEFORMAÇÃO TECTÔNICA: ausente

GRAU DE ALTERAÇÃO INTEMPÉRICA: amostra inalterada

COERÊNCIA: muito coerente

b) BASALTO TUBULAR

COR: cinza escuro

GRANULAÇÃO: grossa

MINERALOGIA: plagioclásio, piroxênio, magnetita/ilmenita, amídalas de carbonato e quartzo

ESTRUTURA: Camada (tubo), com aproximadamente 20 cm de espessura (Fig. 4) disposta por entre o basalto eqüigranular fino, acima descrito. Estrutura vesicular/amidalóide, com amídalas dispostas em níveis paralelos aos contatos (Fig. 5).

TEXTURA: eqüigranular grossa a pegmatítica

DEFORMAÇÃO TECTÔNICA: ausente

GRAU DE ALTERAÇÃO INTEMPÉRICA: amostra inalterada

COERÊNCIA: muito coerente

3. DESCRIÇÃO MICROSCÓPICA DA PORÇÃO A: **basalto eqüigranular fino**

DIMENSÕES DOS COMPONENTES

Plagioclásio	0,1 a 1 mm
Clinopiroxênio	0,05 a 0,5 mm
Óxidos de ferro-titânio	0,05 a 1 mm
Clorita	0,1 a 1,5 mm

DESCRIÇÃO DOS COMPONENTES

Estrutura maciça, cortada por alinhamentos contendo clorita secundária (Fig. 1) que substitui parcialmente piroxênios, como resultado de percolação de soluções aquosas em fraturas latentes.

Textura intergranular fina (predominante), com feições poiquilíticas, dadas pel envolvimento de pequenos cristais de plagioclásio por óxido de Fe-Ti (Fig. 1).

O plagioclásio, de hábito tabular, exhibe geminações polissintéticas características.

O clinopixênio, em pequenos cristais prismático-curtos, apresenta de cor verde-claro, não pleocróica. Trata-se da augita.

A clorita, de cor castanho, substitui parcialmente o clinopiroxênio.

Os óxidos de Fe-Ti (magnetita/ilmenita) apresentam hábito granular com seções quadradas/retangulares. Muitas vezes ocorrem com microfenocristais envolvendo cristais menores de plagioclásio (Figs. 1 e 2).

4. ESTIMATIVA MODAL (Válida somente para a lâmina delgada analisada).

Plagioclásio		45%
Clinopiroxênio	45%	
Óxidos de ferro-titânio (magnetita/ilmenita)		5%
Clorita		5%

5. CLASSIFICAÇÃO PETROGRÁFICA

Basalto



Figura 1 – Fotomicrografia mostrando textura geral da amostra. Cl=clorita, com disposição planar; Óx=cristal de magnetita/ilmenita envolvendo pequenos cristais brancos de plagioclásio. Luz natural polarizada (L.P.). Comprimento da foto=4 mm.



Figura 2 – Fotomicrografia mostrando aspectos mineralógicos. Cl=clorita, substituindo clinopiroxênio (Py). Óx=óxidos de Fe-Ti (magnetita/ilmenita); Pl=plagioclásio. Luz natural polarizada (L.N.). Comprimento da foto=1,4 mm.

3. DESCRIÇÃO MICROSCÓPICA DA PORÇÃO b: basalto tubular

DIMENSÕES DOS COMPONENTES

Plagioclásio	0,4 a 2 mm
Clinopiroxênio	0,5 a 1,9 mm
Óxidos de Fe-Ti (magnetita-ilmenita)	0,2 a 2 mm
Clorita	0,1 a 2,2mm
Quartzo	até 0,4 mm
Epidoto	até 0,05 mm

DESCRIÇÃO DOS COMPONENTES

Estrutura vesicular-amidalóide com concentração de amídalas, preenchidas geralmente por quartzo, em determinados níveis da intrusão tubular, paralelos aos contatos com o basalto encaixante mais fino.

A estrutura é também caracterizada pela alternância de finas camadas de granulação muito grossa a pegmatíticas dispostas por entre camadas pouco mais finas (Figura 3).

Textura subofítica com o piroxênio envolvendo parcialmente o plagioclásio.

O plagioclásio apresenta-se em cristais tabulares alongados com geminações polissintéticas características.

O clinopiroxênio (augita) apresenta cristais de cor verde-claro não pleocróicos, com ângulo 2V médio a grande: trata-se de augita.

A clorita ocorre em lamelas de cor castanho, não pleocróicas, substituindo, parcialmente o clinopiroxênio.

Os óxidos de Fe-Ti ocorrem como mineral opacos que, como na descrição anterior, comumente exibem inclusões de cristais de plagioclásio.

O quartzo é raro e ocorre em porções intersticiais ao clinopiroxênio e plagioclásio.

Epidoto ocorre em diminutos cristais incolores, de elevado relevo e que se desenvolvem sobre o plagioclásio, como produto de alteração.

4. ESTIMATIVA MODAL (Válida somente para a lâmina delgada analisada).

Plagioclásio		45%
Clinopiroxênio	40%	
Óxidos de Fe-Ti (magnetita-ilmenita)	5%	
Clorita		10%
Quartzo		<1%
Epidoto	<1%	

5. CLASSIFICAÇÃO PETROGRÁFICA

Basalto



Figura 3 – Fotomicrografia mostrando contato entre basalto tubular, de granulação grossa (à direita) com o basalto encaixante, de granulação fina (à esquerda). Pl=plagioclásio; Py=clinopiroxênio. Luz natural polarizada (L.N.). Comprimento da foto=7 mm.

Figura 4 – Camada (tubo) de basalto tubular com aproximadamente 20 cm de espessura, por entre o basalto fino.

Figura 5 – Detalhe do basalto tubular da foto anterior. Observar as amídalas brancas, de quartzo.

Florianópolis, 11 de julho de 2009.

ANÁLISE PETROGRÁFICA

1. IDENTIFICAÇÃO DO MATERIAL

AMOSTRA: **GP 102b**

PROCEDÊNCIA: Cachoeira Arroio Lageadinho UTM 22J 464014, 7195365

APROVEITAMENTO:

2. DESCRIÇÃO MACROSCÓPICA

COR: marrom avermelhado

GRANULAÇÃO: fina

MINERALOGIA:

ESTRUTURA: brecha peperítica com clastos ígneos de basalto fino amidalóide, com até 2 cm de diâmetro, arredondados e com bordas irregulares e festonadas sobre matriz areno-siltítica. Em lupa, observou-se diminuto enclave arredondado de arenito fino dentro do clasto ígneo de basalto, sugerindo interação no estado líquido.

TEXTURA:

DEFORMAÇÃO TECTÔNICA: ausente

GRAU DE ALTERAÇÃO INTEMPÉRICA: amostra um pouco intemperizada (a cor é de alteração)

COERÊNCIA: coerente

3. DESCRIÇÃO MICROSCÓPICA

DIMENSÕES DOS COMPONENTES

DESCRIÇÃO DOS COMPONENTES

Os clastos ígneos de basalto exibem textura micropórfira, com microfenocristais tabulares de plagioclásio sobre matriz constituída por cristais menores, também de plagioclásio, circundados por óxidos/hidróxidos de ferro opacos. Apresentam vesículas de carbonato e argilominerais verdes que se concentram, preferencialmente, nas bordas dos clastos ígneos (Figura 1).

4. ESTIMATIVA MODAL (Válida somente para a lâmina delgada analisada).

5. CLASSIFICAÇÃO PETROGRÁFICA

6. DIAGNÓSTICO DE QUALIDADE DO MATERIAL

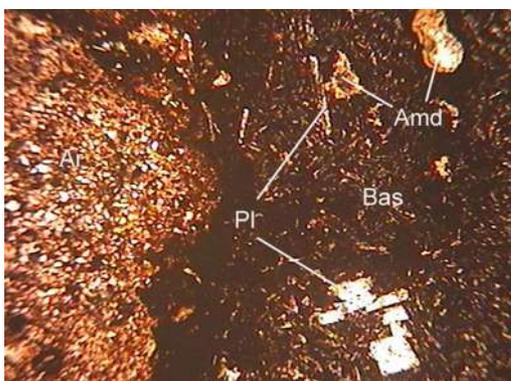


Figura 1 - Fotomicrografia mostrando contato de clasto ígneo de basalto (Bas) com arenito fino (Ar). O clasto ígneo contém microfenocristais de plagioclásio (Pl), além de cristais menores, também de plagioclásio circundados por matriz de óxidos/hidróxidos de ferro de cor escura. Observa-se também amidala de argilominerais verdes (Amd). Luz natural polarizada (LN). Comprimento da foto=0,70 mm.

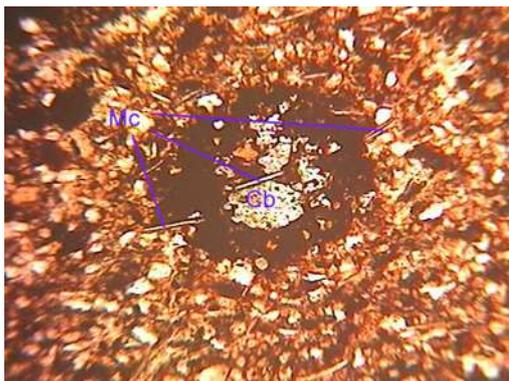


Figura - Fotomicrografia mostrando amídala de carbonato (Cb), no arenito. O carbonato está circundado por grande concentração de óxido/hidróxido de ferro (material escuro). Mica branca (Mc) ocorre como constituinte do arenito que circunda a amídala e também no interior dessa, mantendo sua orientação geral.

Florianópolis, 02 de janeiro de 2009.

Edison Ramos Tomazzoli – Geólogo - CREA 250437605-7

ANÁLISE PETROGRÁFICA

1. IDENTIFICAÇÃO DO MATERIAL

AMOSTRA: GP 105a

PROCEDÊNCIA: Rio da Pombas – Guarapuava (UTM 22J 464248, 7195487)

APROVEITAMENTO: Pesquisa

2. DESCRIÇÃO MACROSCÓPICA

COR: cinza médio

GRANULAÇÃO: fina

MINERALOGIA: amídalas com carbonato, calcedônia

ESTRUTURA: brecha, com porções angulosas e arredondadas de basalto envolvidos por arenito avermelhado

TEXTURA: fina

DEFORMAÇÃO TECTÔNICA: ausente

GRAU DE ALTERAÇÃO INTEMPÉRICA: pouco intemperizada

COERÊNCIA: coerente

3. DESCRIÇÃO MICROSCÓPICA

DIMENSÕES DOS COMPONENTES

CLASTOS ÍGNEOS

Plagioclásio
média=0,2 mm

microfenocristais : até 1 mm; na matriz,

Carbonato

em amídalas de até 0,5 mm

Calcedônia

em amídalas de até 0,5 mm

Óxidos de ferro titânio

<0,1 mm

Piroxênio

0,1 mm

Argilominerais

porções de até 0,6 mm

Clorita

agregados fibrorradiados com até 0,4 mm

ARENITO

Quartzo

até 0,3 mm

Mica branca
Grãos argilificados (feldspatos?)

até 0,3 mm de comprim.
até 0,2 mm

DESCRIÇÃO DOS COMPONENTES

Brecha formada por porções arredondadas e angulosas (clastos ígneos) de basalto fino ou hemivítreo envoltas por matriz arenítica.

O basalto possui textura intergranular fina afírica, contendo amídalas de calcedônia e carbonato (Figura 1). No contato com o arenito, exibe geralmente bordas irregulares, com aspecto corroído ou "embaiado" (Figura 2), limitadas por fina camada de minerais opacos, provavelmente resultantes de processo de desvitrificação, indicando que o basalto interagiu com o arenito ainda na estágio líquido. No basalto, observa-se ainda amídalas de calcedônia, de carbonato e vesículas revestidas por agregados fibrorradiados de clorita (Figura 6).

Observa-se, também, pequenas porções de basalto em forma de "gotas", circundadas pelo arenito (Figura 3), outra evidência da interação no estágio líquido.

O arenito, por sua vez exibe ainda restos do acamamento sedimentar, marcado pela alternância entre camadas de granulação mais fina compostas por siltito e de granulação mais grossa, compostas por arenito fino a médio. Esse acamamento, dispostos por entre as porções de basalto está completamente deformado por dobras penecontemporâneas (Figura 4), geradas durante o evento de derrame da lava sobre a areia, ainda no estágio subaquoso.

O arenito é composto, predominantemente por grãos de quartzo angulosos e também arredondados, ocorrendo também mica branca com hábito lamelar (Figura 5). Juntamente com os grãos de quartzo, ocorrem grãos de areia, angulosos e arredondados de minerais instáveis, provavelmente feldspatos, parcialmente alterados para argilominerais. A alternância de camadas de areia mais grossa e mais fina, aliada a textura de granodrecrescência de grãos é indicativo de ambiente fluvial.

4. ESTIMATIVA MODAL (Válida somente para a lâmina delgada analisada).

BASALTO

Carbonato (amídalas)	3%
Plagioclásio	30%
Calcedônia (amídalas)	1%
Óxidos de ferro-titânio	40%
Piroxênio	20%
Argilominerais	5%
Clorita (amídalas)	1%
	Total: 100%

ARENITO (o de granulação mais grossa)

Quartzo	30%
Mica branca	2%
Grãos argilificados	48%
Matriz argilosa	30%

5. CLASSIFICAÇÃO PETROGRÁFICA

Brecha peperítica



Figura 1 – Fotomicrografia mostrando amídala de carbonato no basalto. Luz polarizada (LP). Comprimento da foto=4 mm.



Figura 2 – Fotomicrografia mostrando detalhes do contato irregular entre as porções arredondadas basálticas e o arenito. Luz natural polarizada (LN). Comprimento da foto=4 mm.

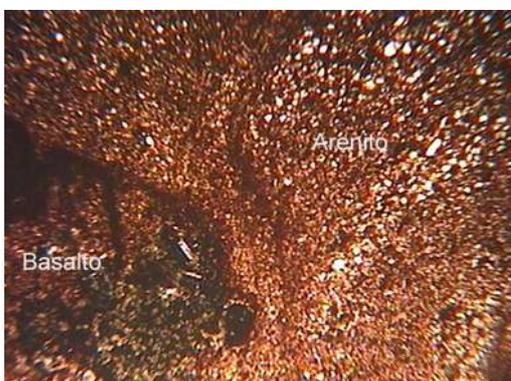


Figura 3 – Fotomicrografia mostrando detalhe de uma porção basáltica em forma de gota envolta pelo arenito exibindo acamadamento retorcido (deformação penecomtemporânea). Luz natural polarizada (LN). Comprimento da foto=7mm.

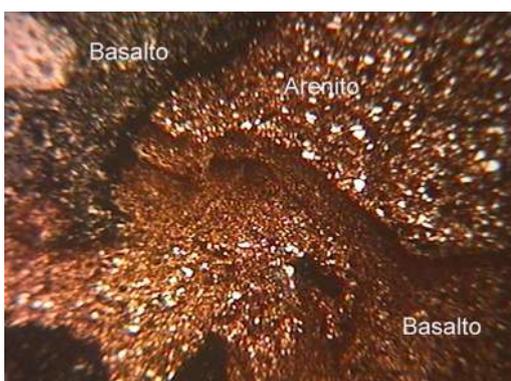


Figura 4 – Fotomicrografia mostrando a estrutura da brecha peperítica, com porções de basalto com bordas irregulares e arredondadas em contato com arenito exibindo acamadamento sedimentar deformado, caracterizado pela alternância entre camadas arenosas e de siltitito (camadas mais finas e escuras). Luz natural polarizada (LN). Comprimento da foto=7mm.

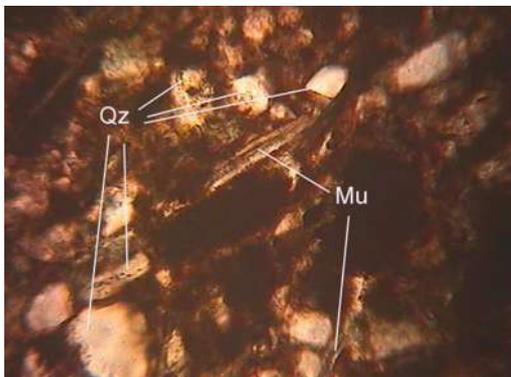


Figura 5 – Fotomicrografia mostrando detalhes mineralógicos do arenito. Qz=quartzo; Um=muscovita. Luz natural polarizada. Comprimento da foto=0,7 mm.

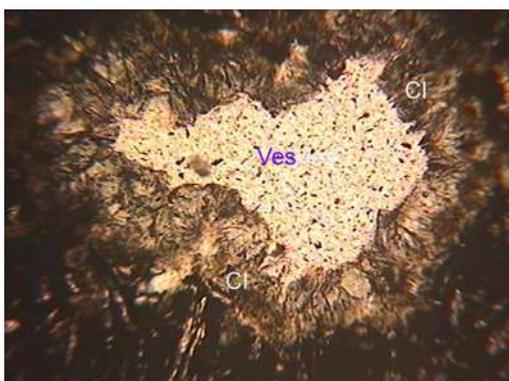


Figura 6 – Fotomicrografia mostrando vesícula (Ves) revestida por uma película constituída por agregados de cristais fibrorradiados de clorita (Cl). Luz natural polarizada (LP). Comprimento da foto=1,4 mm.

Florianópolis, 28 de abril de 2009.

Edison Ramos Tomazzoli – Geólogo – Depto de Geociência - UFSC

ANÁLISE PETROGRÁFICA

1. IDENTIFICAÇÃO DO MATERIAL

AMOSTRA: GP 105b

PROCEDÊNCIA: Guarapuava UTM 22J – 464248, 7195487 – Rio das Pombas

APROVEITAMENTO:

2. DESCRIÇÃO MACROSCÓPICA

COR: cinza escuro

GRANULAÇÃO: fina

MINERALOGIA: amídalas de carbonado e apofilita e vesículas revestidas por quartzo no basalto e grãos de quartzo no arenito

ESTRUTURA: brecha peperítica, com clastos ígneos arredondados de basalto envoltos por arenito/siltito

TEXTURA: clastos ígneos de basalto com textura micropórfira (microfenocristais de plagioclásio. No arenito, há intercalação de camadas arenosas com camadas síltico-argilosas

DEFORMAÇÃO TECTÔNICA: ausente

GRAU DE ALTERAÇÃO INTEMPÉRICA: pouco intemperizada

COERÊNCIA: coerente

3. DESCRIÇÃO MICROSCÓPICA DIMENSÕES DOS COMPONENTES

BASALTO

Argilominerais verdes (amídalas)

Carbonatos (amídalas)

Plagioclásio

Óxidos/hidróxidos de ferro

ARENITOS/SILTITOS

Quartzo

Mica branca

Plagioclásio

Minerais argilificados

Matriz argilosa

DESCRIÇÃO DOS COMPONENTES

Estrutura de brecha com clastos ígneos de basalto com dimensões variáveis entre 4 e 0,5mm, arredondados e angulosos, circundados por matriz de arenito fino.

Os clastos ígneos de basalto são arredondados, por vezes exibindo bordas irregulares no contato com o arenito. Possuem amídalas de argilominerais verdes (palagonita?) e de carbonato. Exibem textura equigranular ou micropórfira, com microfenocristais tabulares de plagioclásio.

Os plagioclásios são tabulares e exibem geminações polissintéticas características. Geralmente estão completamente circundados por uma matriz de óxidos/hidróxidos de ferro opacos, provenientes da alteração hidrotermal dos piroxênios, magnetitas/ilmenitas

Na matriz arenítica predomina a fração areia fina, com os grãos maiores raramente superando dimensões de 0,25 mm. Ocorrem também, restos de estruturas primárias, como acamadamentos, caracterizados pela alternância entre camadas de silte, areia muito fina e areia fina, por vezes dobrados, devido à deformações penecontemporâneas. Ocorrem também fragmentos de siltito (Figs 4 e 5), muitas vezes interacamados com arenitos finos, posicionados internamente a camadas de arenito mais grosso de maneira semelhante a "clay balls", também como resultado de deformações penecontemporâneas.

Nos arenitos, ocorrem, também vesículas de argilominerais verdes e amídalas de carbonato (Figs 7 e 8), como o resultado da interação, no estado líquido, entre o basalto e o arenito subaquoso.

Nos arenitos os clastos predominantes são de quartzo, podendo ocorrer também raros grãos de plagioclásio (Fig 6), feldspato potássico, mica branca e minerais instáveis (feldspatos) argilificados. Os clastos são geralmente angulosos e estão bastante compactados, com excessiva matriz argilosa entre eles (Fig. 6)

4. ESTIMATIVA MODAL (Válida somente para a lâmina delgada analisada).

BASALTO

Argilominerais verdes (amídalas)	3%
Carbonatos (amídalas)	5%
Plagioclásio	20%
Óxidos/hidróxidos de ferro	75%
Total:	100%

ARENITOS/SILTITOS

Quartzo	
Mica branca	5%
Plagioclásio	1%
Minerais argilificados	
Matriz argilosa	!0%
Amídalas de argilominerais	
Amídalas de carbonato	

5. CLASSIFICAÇÃO PETROGRÁFICA

6. DIAGNÓSTICO DE QUALIDADE DO MATERIAL

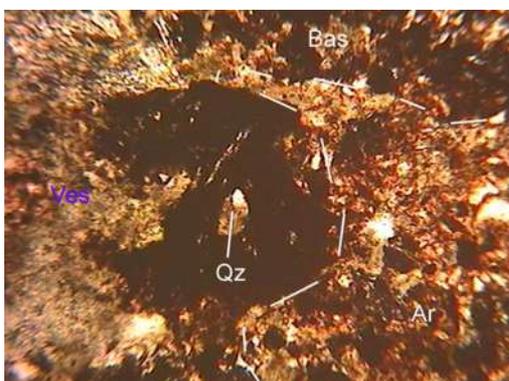


Figura 1– Fotomicrografia mostrando contato (linha tracejada) entre o arenito (Ar) e o basalto (Bas), com porções vesiculares, preenchidas por argilominerais verdes (Ves). Observa-se grão arenos de quartzo (Qz) inserido na porção basáltica (mingling?). Luz natural polarizada (LN). Comprimento da foto=1,4 mm.

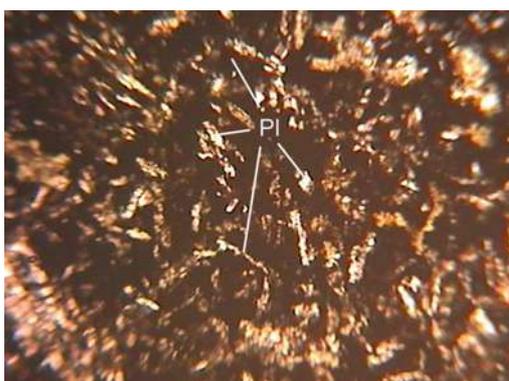


Figura 2 – Fotomicrografia dos clastos ígneos de basalto mostrando cristais tabulares de plagioclásio (Pl) envoltos por matriz opaca de óxidos/hidróxidos de ferro. Luz natural polarizada (LN). Comprimento da foto=1,4mm.



Figura 3 - Fotomicrografia mostrando fragmento de siltito acamadado e dobrado por deformações penecontemporâneas cercado pelo arenito. Luz natural polarizada. Comprimento da foto=1,4 mm



Figura 4 - Fotomicrografia mostrando fragmentos de camadas de siltito (Silt) no arenito (Ar) que envolve os clastos ígneos de basalto (Bas). Luz natural polarizada (LN). Comprimento da foto=1,4 mm.



Figura 6 - Aspectos texturais e mineralógicos do arenito. Grãos predominantemente angulosos de quartzo (a grande maioria) e plagioclásio (Pl) em arranjo compacto. Luz polarizada analisada. Comprimento da foto=1,4mm.



Figura 7 – Amídala de argilominerais verdes (Amd) inserida no arenito entre os clasto ígneos de basalto. Luz natural polarizada (LN). Comprimento da foto=1,4mm.

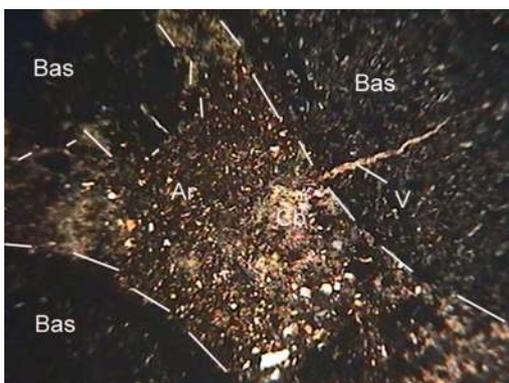


Figura 8 – Fotomicrografia mostrando amídala de carbonato (Cb) no arenito (Ar) dispostos por entre os clastos ígneos de basalto (Bas). Observa-se fino veio de carbonato (V), partindo da vesícula e cortando o clasto ígneo.

Florianópolis, 02 de janeiro de 2009.

Edison Ramos Tomazzoli – Geólogo - CREA 250437605-7

ANÁLISE PETROGRÁFICA

1. IDENTIFICAÇÃO DO MATERIAL

AMOSTRA: **GP 105c**

PROCEDÊNCIA: Guarapuava UTM 22J – 464248, 7195487 – Rio das Pombas APROVEITAMENTO:

2. DESCRIÇÃO MACROSCÓPICA

COR:

GRANULAÇÃO:

MINERALOGIA:

ESTRUTURA: Brecha peperítica com clastos ígneos de basalto arredondados e angulosos, com até 3cm, sobre matriz de arenito fino

TEXTURA:

DEFORMAÇÃO TECTÔNICA: ausente

GRAU DE ALTERAÇÃO INTEMPÉRICA: pouco intemperizada

COERÊNCIA: coerente

3. DESCRIÇÃO MICROSCÓPICA

DIMENSÕES DOS COMPONENTES

BASALTO

Amídalas de argilominerais	até 0,4 mm
Plagioclásio	até 0,6 mm de diâmetro
Piroxênio	até 0,3 mm
Magnetita/ilmenita	até 0,2 mm
Óxidos/hidróxidos de ferro	grandes porções contínuas
ARENITO	
Quartzo	até 0,2 mm
Minerais argilificados	até 0,1 mm
Mica branca	até 0,3 mm
Matriz argilosa	porções contínuas de até 0,3 mm

DESCRIÇÃO DOS COMPONENTES

Estrutura típica de brecha peperítica, com clastos ígneos de basalto exibindo muitas vezes, bordas arredondadas e festonadas, de forma semelhante às amostras GP 105a, 105b e 102d. Nesta amostra, entretanto, observou-se, também fragmentos de basalto (clastos ígneos) menores e bastante angulosos, (Figura 1) indicando que houve também uma fragmentação no estado sólido.

CLASTOS DE BASALTO

Estrutura amidalóide, com pequenas amídalas arredondadas de argilominerais e clorita, com até 0,4 mm de diâmetro. São predominantemente afíricos, com textura predominantemente intergranular, com trama característica de plagioclásios tabulares entre os quais ocorrem restos de piroxênio total ou parcialmente substituídos por óxidos/hidróxidos de ferro e magnetita/ilmenita. Em alguns setores, ocorre ainda um massa contínua de óxidos/hidróxidos de ferro envolvendo os plagioclásios como produto de desvitrificação ou alteração hidrotermal.

ARENITO

O arenito está disposto por entre os clastos ígneos de basalto. É composto por grãos de quartzo geralmente angulosos, mica branca de hábito lamelar e por minerais parcial ou totalmente argilificados, provavelmente feldspatos alterados. Por entre esses grãos ocorre matriz argilosa fina. Granulometricamente os maiores clastos atingem 0,2 mm, sendo classificados como areia fina.

Por entre os clastos ígneos de basalto e associados ao arenito, ocorrem pequenos bolsões ou amídalas de carbonato. Nos contatos entre as amídalas e o arenito, o carbonado permeia nos poros desse último, constituindo porções significativas da rocha (Figura 3).

4. ESTIMATIVA MODAL (Válida somente para a lâmina delgada analisada).

5. CLASSIFICAÇÃO PETROGRÁFICA

Brecha peperítica

6. DIAGNÓSTICO DE QUALIDADE DO MATERIAL



Figura - Fotomicrografia mostrando pequenos fragmentos angulosos de basalto (Ang) imersos no arenito (Ar), juntos a clasto ígneo arredondado (Bas). Luz natural polarizada (LN). Comprimento da foto=4 mm.

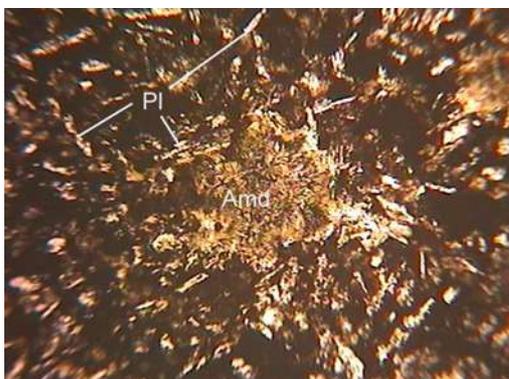


Figura 2 – Fotomicrografia mostrando aspectos texturais e mineralógicos. Amd=amídala de argilominerais. Pl= cristais tabulates de plagioclásio envolvidos por óxido/hidróxido de ferro. Luz natural polarizada (LN). Comprimento da foto=1,4 mm.

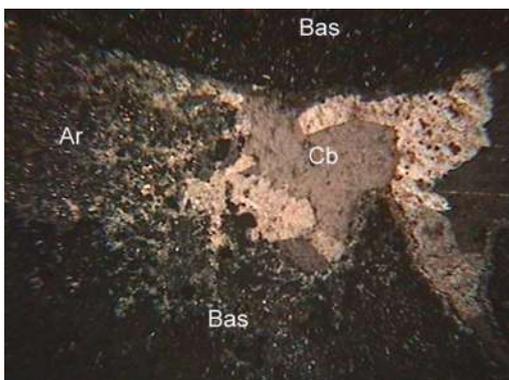


Figura 3- Fotomicrografia mostrando amídala de carbonato (Cb) por entre clastos ígneos de basalto e fazendo contato difuso com o arenito. Luz polarizada analisada (LP). Comprimento da foto=4 mm.

Florianópolis, 07 de maio de 2009.

Edison Ramos Tomazzoli – Depto. de Geociências - UFSC
ANÁLISE PETROGRÁFICA

1. IDENTIFICAÇÃO DO MATERIAL

AMOSTRA: **GP 110b**

PROCEDÊNCIA: Guarapuava (PR), cachoeira, localidade de Entre Rios UTM 22J 442910, 7179700

APROVEITAMENTO:

2. DESCRIÇÃO MACROSCÓPICA

COR: cinza claro

GRANULAÇÃO: grossa

MINERALOGIA: feldspato, óxidos de ferro

ESTRUTURA: bandeamento, caracterizado pela alternância de camadas cinza claras e camadas mais avermelhadas, com espessuras centimétricas.

TEXTURA: Pórfira, com fenocristais de feldspato sobr matriz muito fina, de cor cinza-claro/avermelhada.

DEFORMAÇÃO TECTÔNICA: ausente

GRAU DE ALTERAÇÃO INTEMPÉRICA: pouco intemperizada
COERÊNCIA: muito coerente.

3. DESCRIÇÃO MICROSCÓPICA DIMENSÕES DOS COMPONENTES

Plagioclásio	0,6 a 5 mm
Feldspato potássico	0,2 a 2 mm
Clinopiroxênio (augita)	0,2 a 1,5 mm
Óxidos de ferro (magnetita)	0,2 A 3 mm
Apatita	0,05 a 1 mm
Quartzo	porções com até 0,3 mm
Vidro vulcânico	porções com até 0,3 mm

DESCRIÇÃO DOS COMPONENTES

Estrutura bandeada, semelhante à da amostra GP 17b. Textura pórfira ou glomeroporfírica, caracterizada pela presença de fenocristais ou aglomerados de fenocristais sobre matriz fina, hemivítrea.

A matriz é constituída por porções arredondadas, mais escuras à luz natural transmitida, compostas por cristálitos e material vítreo ou de baixo grau de cristalinidade. Essas porções apresentam-se circundadas por material mais claro e com grau de cristalinidade mais elevado, composto por cristálitos associados a pequenos grãos de magnetita, feldspatos e quartzo intersticial. Essa textura parece ser proveniente de processo de recristalização da matriz originalmente vítrea. Texturas semelhantes foram descritas por Allen (1988) *in* McPhie, J. (1993) como texturas pseudovitroclásticas, desenvolvidas por processo de desvitrificação ao longo de fraturas perlíticas curvas, que acaba preservando núcleos vítreos arredondados ou de variadas formas, circundados por material proveniente de desvitrificação.

O plagioclásio, com geminações polissintéticas características, ocorre como fenocristais, alguns deles exibindo bordas corroídas (Fig. 1). Muitas vezes mostra seções parcialmente turvas, com resultado de alteração parcial para argilominerais.

O feldspato potássico ocorre também em fenocristais, geralmente menores do que os de plagioclásio.

Magnetita ocorre também em fenocristais freqüentemente com seções quadradas ou retangulares. Mostra-se parcialmente alterada, com abundantes liberação de óxidos férricos avermelhados.

Clinopiroxênios aparecem como fenocristais menores, prismático-curtos, de cor veder-claro muito fracamente pleocróicos. Trata-se da augita.

Apatita ocorre como cristais incolores, prismáticos bastante alongados e com seções basais hexagonais (Fig. 3).

Na matriz hemivítrea, o quartzo é bem mais abundante do que na amostra GP 17b. Ocorre intersticialmente a pequenos cristais e cristalitos de feldspato, como mostra a Figura 4.

4. ESTIMATIVA MODAL (Válida somente para a lâmina delgada analisada).

Plagioclásio	5%
Feldspato potássico	2%
Clinopiroxênio (augita)	1%
Óxidos de ferro (magnetita)	10%
Apatita	<1%
Quartzo	4%
Vidro vulcânico	3%
Matriz hemivítrea	85%

5. CLASSIFICAÇÃO PETROGRÁFICA

Petrograficamente: **Quartzo latito**, porém pode chegar a riolito, dependendo da proporção de sílica na matriz hemivítrea.

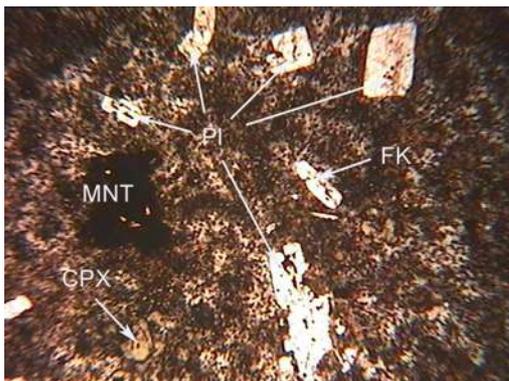


Figura 1 – Fotomicrografia mostrando textura pórfira da amostra. PI=fenocristais de plagioclásio; FK=fenocristais de feldspato potássico; MNT=fenocristais de magnetita; CPX=fenocristais de piroxênio. Luz natural poarizada (L.N.). Comprimento da foto=6 mm.

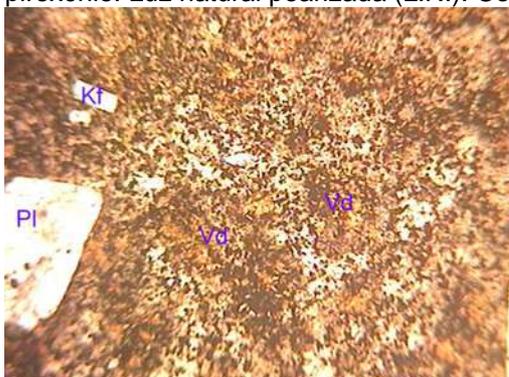


Figura 2 – Fotomicrografia mostrando porções parcialmente vítreas ou de baixa cristalinidade (Vd), crircundadas por porções cristalinas. PI= fenocristal de plagioclásio. Kf=fenocristal de feldspato potássico. Luz natural polarizada (L.N.). Comprimento da foto=6 mm

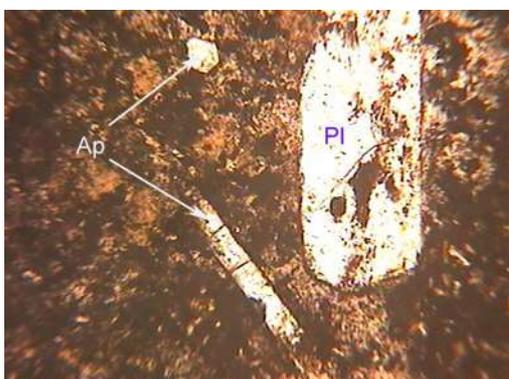


Figura 3 – Fotomicrografia mostrando cristais de apatita – Ap - (abaixo, seção prismática; acima, seção basal) e de plagioclásio (PI). Luz natural polarizada (L.N.). Comprimento da foto=2 mm.

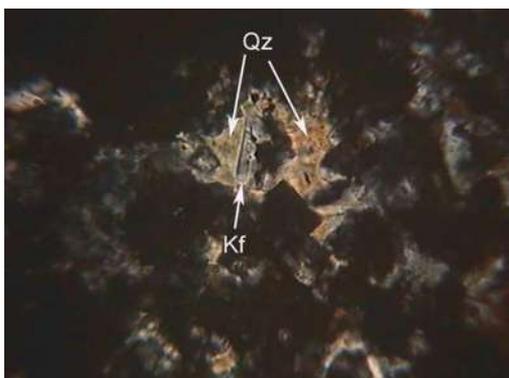


Figura 4 – Fotomicrografia mostrando quartzo (Qz) intersticial ao feldspato potássico (Kf), na matriz hemivítrea. Luz polarizada analisada (L.P.). Comprimento da foto=1 mm.

Florianópolis, 04 de julho de 2009.

Edison Ramos Tomazzoli – Geólogo – Depto. de Geociências - UFSC

Livros Grátis

(<http://www.livrosgratis.com.br>)

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)
[Baixar livros de Matemática](#)
[Baixar livros de Medicina](#)
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)
[Baixar livros de Meteorologia](#)
[Baixar Monografias e TCC](#)
[Baixar livros Multidisciplinar](#)
[Baixar livros de Música](#)
[Baixar livros de Psicologia](#)
[Baixar livros de Química](#)
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)
[Baixar livros de Serviço Social](#)
[Baixar livros de Sociologia](#)
[Baixar livros de Teologia](#)
[Baixar livros de Trabalho](#)
[Baixar livros de Turismo](#)