

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOCIÊNCIAS

**GEOQUÍMICA E DATAÇÃO SHRIMP U-Pb DO  
MAGMATISMO ÁCIDO DA BACIA DO ITAJAÍ, SC**

ANDRÉA BELTRÃO FINAMOR

ORIENTADOR – Prof. Dr. Léo Afraneo Hartmann

Porto Alegre –2012

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOCIÊNCIAS

**GEOQUÍMICA E DATAÇÃO SHRIMP U-Pb DO  
MAGMATISMO ÁCIDO DA BACIA DO ITAJAÍ, SC**

ANDRÉA BELTRÃO FINAMOR

ORIENTADOR – Prof. Dr. Léo Afraneo Hartmann

BANCA EXAMINADORA

Dra. Lucy Takehara Chemale, CPRM, Serviço Geológico do Brasil

Profa. Dra. Lauren da Cunha Duarte, Escola de Engenharia,  
Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Prof.Dr. Márcio Martins Pimentel, Instituto de Geociências,  
Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Dissertação de Mestrado apresentada  
como requisito para obtenção do  
título de Mestre em Geociências.

Porto Alegre –2012

Finamor, Andréa Beltrão

Geoquímica e datação SHRIMP U-Pb do magmatismo ácido da Bacia do Itajaí, SC. / Andréa Beltrão Finamor. - Porto Alegre : IGEO/UFRGS, 2012.

[82 f.] il.

Dissertação (Mestrado). - Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Instituto de Geociências. Programa de Pós-Graduação em Geociências. Porto Alegre, RS - BR, 2012.

Orientação: Prof. Dr. Léo Afraneo Hartmann

1. Geoquímica. 2. Vulcanismo Ácido. 3. Geocronologia SHRIMP.

4. Bacia do Itajaí, SC. I. Título.

---

Catálogo na Publicação  
Biblioteca Geociências - UFRGS  
Renata Cristina Grun CRB 10/1113

## **Agradecimentos**

Agradeço aos meus pais e queridos irmãos pelo apoio e incentivo.

Agradeço ao Programa de Pós-Graduação em Geociências (IG/UFRGS), especialmente o geólogo Dr. Elírio Toldo Júnior e ao Serviço Geológico do Brasil (CPRM) pela oportunidade e apoio para a realização deste mestrado.

Agradeço aos geólogos João Ângelo Toniolo, Andréa Sander, Marcus Begossi, João Orestes dos Santos, Norberto Lessa Dias, Eduardo Camozzato, Carlos Iglesias, José Alcides Fonseca e ao meu orientador pelo incentivo.

Agradeço aos meus amigos Rosemeri Siviero e Salete Rodrigues e família pela ajuda e tantas horas de conversa...

Este mestrado contou com o apoio da CPRM e do projeto de excelência PRONEX FAPERGS-CNPq sobre minerais estratégicos do sul do Brasil, coordenado pelo orientador deste trabalho.

## Resumo

A Bacia do Itajaí está localizada na região nordeste de Santa Catarina, sendo constituída por espessos depósitos sedimentares com subordinada ocorrência de rochas vulcânicas. Os depósitos sedimentares e vulcano-sedimentares registram dois eventos de deformação relacionados às fases finais do Ciclo Brasileiro. Estes depósitos são intrudidos pelo Granito Português, pelo Granito Subida e por riolitos hipabissais da Formação Apiúna. No presente trabalho o Granito Subida, o Granito Português e riolitos da Formação Apiúna foram investigados do ponto de vista geoquímico e geocronológico. Foram identificados dois grupos litológicos, com características geoquímicas levemente distintas, relacionadas a distintas fontes de geração de magma, em ambiente intra-placa continental. Ambos os grupos litológicos possuem afinidade alcalina, com características de sistemas magmáticos alta sílica. O magmatismo ácido caracteriza-se pelo enriquecimento em elementos litófilos de grande raio tais como K, Rb, ETRL, Th, U, Ta e Nb, além de apresentar altos valores de SiO<sub>2</sub> (>70%), alta razão K<sub>2</sub>O/Na<sub>2</sub>O, elevado conteúdo de álcalis, razão Fe/Mg elevada, e altas concentrações Ga, Nb, Y e ETR, com exceção do Eu, que apresenta baixos valores. As rochas alto e baixo Zr que compreendem o magmatismo ácido da bacia são frequentemente depletadas em CaO (<1%), MgO, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Sr e Ba. Todas essas características são típicas da assinatura geoquímica de granitóides tipo A. O posicionamento do magmatismo ácido conforme determinado neste trabalho a partir de datações pelo método SHRIMP U-Pb em zircão e xenotima ocorreu no Cambriano. Verifica-se nas rochas estudadas uma elevada concentração de U e Th nos zircões, da ordem de 3% e 1,6%, respectivamente, o que associamos a um evento hidrotermal com fluido rico em U. A idade deste hidrotermalismo foi datada em 245 Ma por SHRIMP U-Pb em zircão e xenotima. A idade do Granito Português corresponde a 512,9 ± 1,9 Ma caracterizando o evento magmático mais jovem que ocorreu na bacia.

**Abstract**

The Itajaí Basin is located in Northeastern Santa Catarina state and is made up of a thick sequence of sedimentary rocks with subordinate occurrences of volcanic rocks. The sedimentary and volcano-sedimentary deposits register two deformation events related to the final phases of the Brasiliano Cycle. The deposits are intruded by the Português and the Subida Granites and by hypabissal rhyolites of the Apiúna Formation. In this investigation, the Português and Subida Granites and the Apiúna Formation are evaluated with use of geochemistry and geochronology. Two types of lithologic groups were identified reflecting different sources of the magma in a continental intraplate setting. Both groups are alkaline and belong to the high-silica magmatic system. The acid magmatism is enriched in large-ion lithophile elements such as K, Rb, LREE, Th, U and Nb, and have high SiO<sub>2</sub>(>70%), high K<sub>2</sub>O/Na<sub>2</sub>O, high alkalis, high Fe/Mg and high concentrations of Ga, Nb, Y and REE, except for Eu which is low. Both high-Zr and low-Zr rocks in the basin are mostly depleted in CaO (<1%), MgO, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Sr and Ba which are typical of A-type granites. The magmatic events occurred in the Cambrian as here determined by SHRIMP U-Pb zircon and xenotime geochronology. U and Th are high in the zircons, respectively 3% and 1.6%, caused by a U-rich hydrothermal event. The age of this hydrothermal event is dated at 245 Ma by SHRIMP U-Pb in zircon and xenotime. The age of the Português Granite is determined at 512.9 ± 1.9 Ma and this is the youngest event in the basin.

## Lista de Figuras

<b>Figura 1</b> - Mapa de localização da Bacia do Itajaí	16
<b>Figura 2</b> - Mapa geológico com a localização dos pontos das amostras estudadas	17
<b>Figura 3</b> - Mapa geológico-geotectônico do Escudo Catarinense (retirado de Hartmann & Fernandes 2000).	18
<b>Figura 4</b> - Coluna estratigráfica do Grupo Itajaí (a partir de Basei <i>et al.</i> 2011)	28
<b>Figura 5</b> - Estágios de evolução tectônica da Bacia do Itajaí (segundo Krebs <i>et al.</i> 1990)	29
<b>Figura 6</b> - Fotomicrografia do Granito Português	30
<b>Figura 7</b> - Fotomicrografia do Granito Subida	31
<b>Figura 8</b> - Fotomicrografia do Granito Subida	31
<b>Figura 9</b> - Fotomicrografia do Granito Subida	32
<b>Figura 10</b> - Fotomicrografia de riolito da Formação	33
<b>Figura 11</b> - Fotomicrografia de riolito da Formação Apiúna	34
<b>Figura 12</b> - Diagrama de classificação química TAS (Le Bas <i>et al.</i> 1986)	35
<b>Figura 13</b> - Diagrama do tipo Harker para $\text{SiO}_2$ versus Zr	36
<b>Figura 14</b> - Diagrama do tipo Harker para $\text{TiO}_2$ versus Zr	41
<b>Figura 15</b> - Diagrama do tipo Harker para $\text{SiO}_2$ versus elementos maiores	41
<b>Figura 16</b> - Diagrama do tipo Harker para Zr versus elementos-traço	45
<b>Figura 17</b> - Teores de ETR das rochas riolíticas e graníticas da Bacia do Itajaí normalizados pelo padrão condritico de Haskin 1968	48
<b>Figura 18</b> - Diagramas Multielementares ( <i>spidergrams</i> ) normalizados a valores mantélicos (Thompson, 1982) para o magmatismo ácido da Bacia do Itajaí	50
<b>Figura 19</b> - Diagrama A/NK versus A/CKN (Shand, 1943; Maniar & Picolli, 1984) com o posicionamento das rochas ácidas da Bacia do Itajaí	53
<b>Figura 20</b> - Diagrama de classificação química R1/R2 (de De La Roche <i>et al.</i> 1980) para as rochas ácidas da Bacia do Itajaí	54
<b>Figura 21</b> - Diagramas discriminantes para granitóides (Whalen <i>et al.</i> 1987) utilizados para caracterização do magmatismo ácido da Bacia do Itajaí. (A) Diagrama $\text{Nb} \text{ versus } 1000 * \text{Ga} / \text{Al}$ : identifica tipos A, I e S; (B) Diagrama $\text{Fe}_\text{t} / \text{Mg} \text{ versus } \text{Zr} + \text{Nb} + \text{Ce} + \text{Y}$ : identifica tipos A, FG (tipos I e S fracionados) e OGT (tipos I e S não fracionados/normais)	55

**Figura 22** - Diagramas discriminantes entre granitóides tipo A. A1 (mantélicos) e A2 (crustais), conforme Eby (1992) utilizados para a caracterização do magmatismo ácido da Bacia do Itajaí. (A) Diagrama Y - Nb - Ce; (B) Diagrama Y - Nb - 3Ga 56

**Figura 23** - Rochas graníticas da Suíte Graciosa plotadas no diagrama de classificação TAS (Le Bas *et al.*, 1986). Óxidos em porcentagem por peso. Legenda: triângulo = associação alcalina; círculo = associação peraluminosa. Dados químicos retirados de Gualda & Vlach 2007 57

**Figura 24** - Diagrama A/NK *versus* A/CKN (Shand, 1943; Maniar & Picolli, 1984) com o posicionamento das rochas da (pertencentes a) Suíte Graciosa. Legenda: triângulo = associação alcalina; círculo = associação peraluminosa. Dados químicos retirados de Gualda & Vlach 2007 57

**Figura 25** - Diagrama multicatiônico R1 *versus* R2 (de De La Roche *et al.*, 1980) para granitóides da Suíte Graciosa. Legenda: triângulo = associação alcalina; círculo = associação peraluminosa. Dados químicos retirados de Gualda & Vlach 2007 58

**Figura 26** - Diagramas discriminantes para granitóides (Whalen *et al.* 1987) utilizados para caracterização do magmatismo da Suíte Graciosa. Legenda: triângulo = associação alcalina; círculo = associação peraluminosa. Dados químicos retirados de Gualda & Vlach 2007 59

**Figura 27** - Diagrama discriminante entre granitóides A1 (mantélicos) e A2 (crustais), conforme Eby (1992), utilizado para a caracterização da Suíte Graciosa. Legenda: triângulo = associação alcalina; círculo = associação peraluminosa. Dados químicos retirados de Gualda & Vlach 2007 60

**Figura 28** - Diagrama concórdia de análises do Granito Português e de riolitos da Formação Apiúna 64

**Figura 29** - Diagrama concórdia de análises do Granito Português e de riolitos da Formação Apiúna 64

**Figura 30** - Diagrama concórdia de análises do Granito Português e de rochas riolíticas da Formação Apiúna 66

**Figura 31** - Imagens BSE (*backscattered electrons* - elétrons retroespalhados) de cristais de zircão da amostra JT-1056a. Cristais muito metamíticos, devido ao elevado teor de U, impossibilitando uma datação precisa. Zircões não utilizados para datação 66

**Figura 32** - Imagens BSE (*backscattered electrons* - elétrons retroespalhados) e idade de cristais de zircão e xenotima da amostra JT-1014, referente a dique riolítico hidrotermalizado. Cavidades no zircão preenchidas por xenotima 67

**Figura 33** - Imagens BSE (*backscattered electrons* - elétrons retroespalhados) e idade de cristais de zircão e xenotima da amostra JT-1014, referente a dique riolítico hidrotermalizado. Cavidades no zircão preenchidas por xenotima 67

**Figura 34** - Diagrama concórdia de análises do Granito Português e de riolitos da Formação Apiúna. Detalhe da Fig.28 68



<b>Figura 35</b> - Diagrama da concórdia das amostras estudadas	69
<b>Figura 36</b> - Diagrama da concórdia das amostras estudadas	69
<b>Figura 37</b> - Histograma com as idades obtidas para o evento hidrotermal	70
<b>Figura 38</b> - Diagrama concórdia do Granito Português, amostra MG-108b	70
<b>Figura 39</b> - Diagramas discriminantes de ambientes tectônicos para granitos (Pearce et al. 1984; Pearce 1996). (A) Rb <i>versus</i> (Y+Nb); (B) Nb <i>versus</i> Y. Legenda: triângulo =Granito Português; x = Granito Subida; círculo =RiolitosApiúna. Campos: 1.ORG: granitos de <i>ridge</i> oceânico; 2.WPG: granitos intra-placa; 3.VAG: granitos de arco vulcânico; 4.Syn-COLG: granitos sin-colisionais; 5.post-COLG: granitos pós-colisionais	74

**Lista de Tabelas**

Tabela 1 - Análise química das rochas graníticas e vulcânicas ácidas da Bacia do Itajaí. Elementos maiores em (% em peso) e elementos-traço em (ppm)	37
Tabela 2 - Análise química das rochas vulcânicas ácidas da Bacia do Itajaí. Elementos-traço em (ppm)	38
Tabela 3 - Análise química das rochas graníticas e vulcânicas ácidas da Bacia do Itajaí. Elementos maiores em (% em peso) e elementos-traço em (ppm)	39
Tabela 4 - Análise química das rochas vulcânicas ácidas da Bacia do Itajaí. Elementos-traço em (ppm)	40
Tabela 5 - Dados isotópicos U-Pb SHRIMP em zircão e xenotima	72

## **Lista de Quadros**

Quadro 1 – Compilação com a evolução do conhecimento a respeito do Complexo Metamórfico Brusque (a partir de Philippet *al.* 2001) 21

**SUMÁRIO**

Resumo5	
Abstract	6
Lista de Figuras	7
Lista de Tabelas	10
Lista de Quadros	11
Sumário	12
I. INTRODUÇÃO	14
1. Objetivos	15
2. Metodologia	15
3. Localização e via de acesso	16
II. GEOLOGIA REGIONAL (CONTEXTO GEOLÓGICO DA ÁREA)	18
1. Complexo Granulítico de Santa Catarina	19
2. Complexo Metamórfico Brusque	20
3. Zona de Cisalhamento Itajaí-Perimbó	22
4. Zona de Cisalhamento Major Gercino	22
5. Granito Subida e riolitos da Formação Apiúna	23
6. Formação Serra Geral e sedimentos do Quaternário	24
III. GEOLOGIA DA ÁREA	25
1. Geologia da Bacia do Itajaí	25
IV. PETROGRAFIA	30
1. Granito Português	30
2. Granito Subida	31
3. RiolitosApiúna	33
V. LITOQUÍMICA	35

	13
VI. GEOCRONOLOGIA (método SHRIMP U-Pb em zircão e xenotima)	62
VII. POSICIONAMENTO GEOTECTÔNICO DO MAGMATISMO	74
VIII. CONSIDERAÇÕES FINAIS E CONCLUSÕES	75
IX. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	76

## I. INTRODUÇÃO

O Granito Português, o Granito Subida e as rochas vulcânicas ácidas da Formação Apiúna estão inseridos no contexto geológico da Bacia do Itajaí, que corresponde a uma unidade geotectônica desenvolvida nos estágios finais do Ciclo Brasileiro/Pan-Africano.

O Ciclo Brasileiro está marcado pela colisão entre placas litosféricas; deformação de blocos na forma de tectônica dúctil e dúctil-rúptil; magmatismo sin, tardi e pós-colisional; e formação de diferentes tipos de bacias sedimentares.

Os períodos finais de um evento tectono-termal definem um ambiente tardi a pós-colisional, que pode incluir colisão oblíqua, delaminação litosférica, subducção de pequenas placas oceânicas, geração de rifts, e desenvolvimento de distintos tipos de bacias sedimentares (Liégeois 1998; Condie 1997).

No sul do Brasil, na região nordeste de Santa Catarina, a formação da Bacia do Itajaí está relacionada aos eventos finais do Ciclo Orogênico Brasileiro. Nesse ambiente, sedimentação e magmatismo ocorrem associados, num contexto marcado por grande cinturões de cisalhamento (Hartmann *et al.* 2000). Esta bacia é correlacionável temporalmente e geotectonicamente às bacias de Santa Bárbara e do Camaquã, no Rio Grande do Sul, à Bacia Arroyo Del Soldado, no Uruguai, à Bacia de Campo Alegre, em Santa Catarina, e às Bacias da região de Nana, na África do Sul, todas geradas no final do Proterozoico e interpretadas como coberturas molássicas (Almeida, 1977; Hasui *et al.*, 1975; Guadagnin *et al.*, 2010; Basei *et al.*, 2011).

A Bacia do Itajaí está localizada na borda sul do cráton Luís Alves, sendo constituída por espessos depósitos sedimentares, com subordinada contribuição vulcânica. Corresponde a uma bacia tardi a pós-orogênica, limitada por falhas. O posicionamento do magmatismo ácido ocorreu após os eventos de deformação da bacia, ao final do Proterozoico, conforme estabelecido em trabalhos anteriores (Guadagnin 2007; Guadagnin *et al.* 2010; Basei *et al.* 2011), e neste trabalho de mestrado a partir de determinações de idade pelo método U-Pb SHRIMP em zircões do Granito Português, em zircões de riolito da formação Apiúna, e mediante a datação de cristais de xenotima, inclusos em cristais de zircão de dique ácido da Formação Apiúna.

A sequência sedimentar da bacia compreende, da base para o topo: a. conglomerados de leques aluviais; b. arenitos finos, folhelos e arenitos com estrutura granodecrescente ascendente característicos de frente deltaica; c. sedimentos marinhos transgressivos; d. sedimentos marinhos regressivos (Schroeder, 2006). Níveis tufáceos ocorrem interdigitados com os depósitos sedimentares.

Os depósitos sedimentares e vulcano-sedimentares registram dois eventos de deformação que ocorrem na forma de dobras abertas, tectônica oblíqua de baixo ângulo e falhamentos. Estes depósitos são intrudidos pelo Granito Português, pelo Granito Subida e por riolitoshipabissais da Formação Apiúna, não deformados. Unidades de lavas ácidas da Formação Apiúna ocorrem no topo da sequência da bacia.

A Formação Apiúna corresponde às rochas vulcânicas ácidas que ocorrem como sills, diques e lavas; as unidades hipabissais cortam a sequência sedimentar da bacia, enquanto as lavas posicionam-se no topo da sucessão estratigráfica. Intercalados aos depósitos sedimentares verificam-se depósitos tufáceos que ocorrem interestratificados com os sedimentos não-vulcanogênicos (Macedo *et al.* 1984, Basei 1985).

## 1. Objetivos

O presente trabalho de mestrado objetiva definir a evolução geológica e geocronológica do magmatismo ácido relacionado ao desenvolvimento da Bacia do Itajaí, em Santa Catarina, mediante a caracterização geoquímica e geocronológica pelo método U-Pb SHRIMP em zircões e xenotima do Granito Português, e das rochas vulcânicas ácidas pertencentes à Formação Apiúna. O Granito Subida será estudado do ponto de vista geoquímico.

## 2. Metodologia

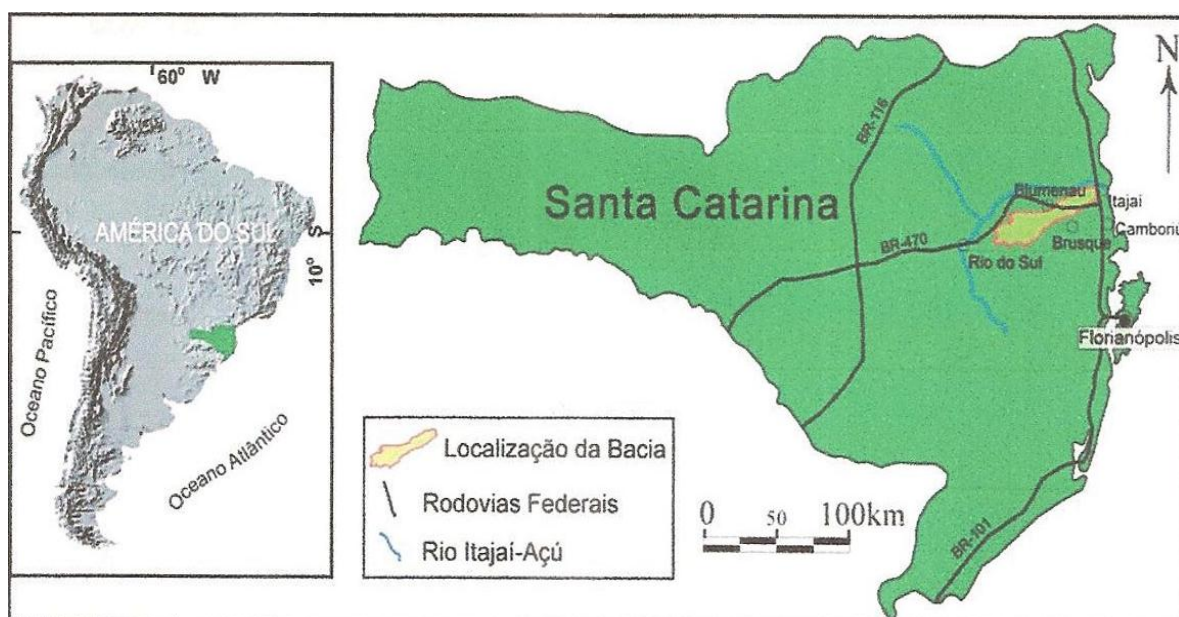
A metodologia adotada neste trabalho compreendeu as seguintes etapas:

1. a primeira etapa consistiu no levantamento bibliográfico a respeito da região da Bacia do Itajaí;
2. a segunda etapa de trabalho compreendeu a análise e interpretação dos dados litoquímicos da área do projeto de mestrado. Os dados químicos foram obtidos durante a realização do Projeto BANEIO-SC, referente a Bacias Neoproterozoicas de Santa Catarina, CPRM; projeto este coordenado pelo geólogo João Ângelo Toniolo. As análises de rocha para elementos maiores, traços e ETR foram realizadas pelo Laboratório ACME, no Canadá;
3. a terceira etapa de trabalho pode ser dividida em várias partes, as quais estão relacionadas à elaboração do relatório final. Nesta etapa de trabalho foram obtidos e interpretados os dados geocronológicos. As datações pelo método U-Pb SHRIMP em zircão e xenotima foram realizadas na Universidade de *Western* da Austrália, especificamente para este trabalho. As leituras pelo método SHRIMP foram feitas pelo geólogo Dr. João Orestes dos Santos.

### 3. Localização e vias de acesso

A bacia do Itajaí localiza-se na região nordeste de Santa Catarina (Fig.1), abrangendo as cidades de Blumenau, Itajaí, Indaial, Ibirama, na região conhecida como Vale do Itajaí. Apresenta aproximadamente 700 Km<sup>2</sup> de área, orientação NE, 75 Km de comprimento e largura variável entre 5 e 25 Km. O acesso até a região da bacia pode ser feito pela BR-290, de Porto Alegre até Osório. Em Osório deve-se acessar a BR-101 em sentido norte até Itajaí. A partir de Itajaí deve-se seguir pela BR-470, em sentido oeste. Estradas secundárias e caminhos permitem o acesso a algumas localidades da bacia, porém muitas regiões apresentam difícil acesso devido a grande quantidade de vegetação.

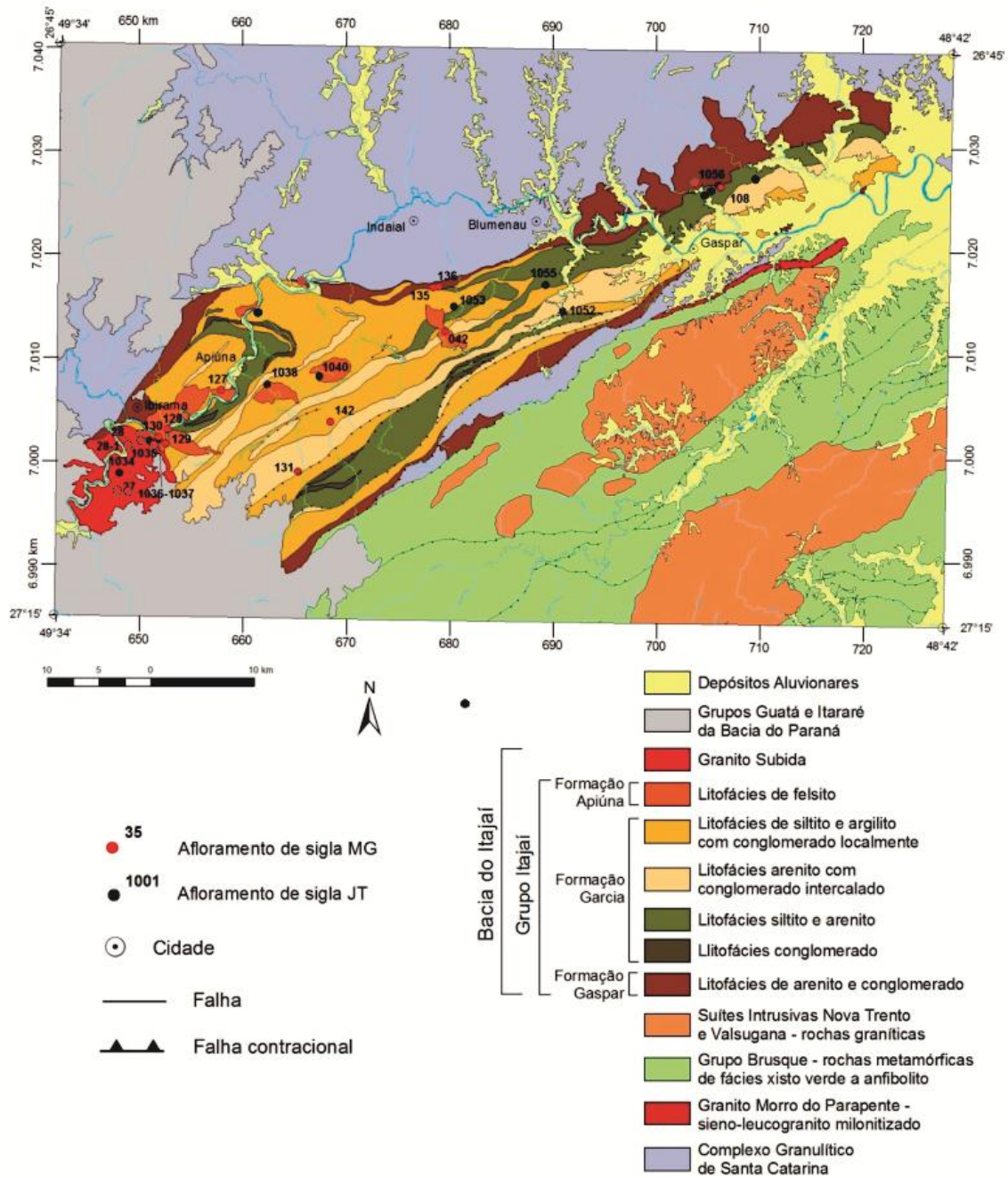
Na Fig.2 estão localizados os pontos de siglas JT e MG das amostras estudadas. Estas pertencem ao acervo da CPRM (Companhia de Pesquisas de Recursos Minerais).



**Figura 1:** Mapa de localização da Bacia do Itajaí, está em cor verde claro.



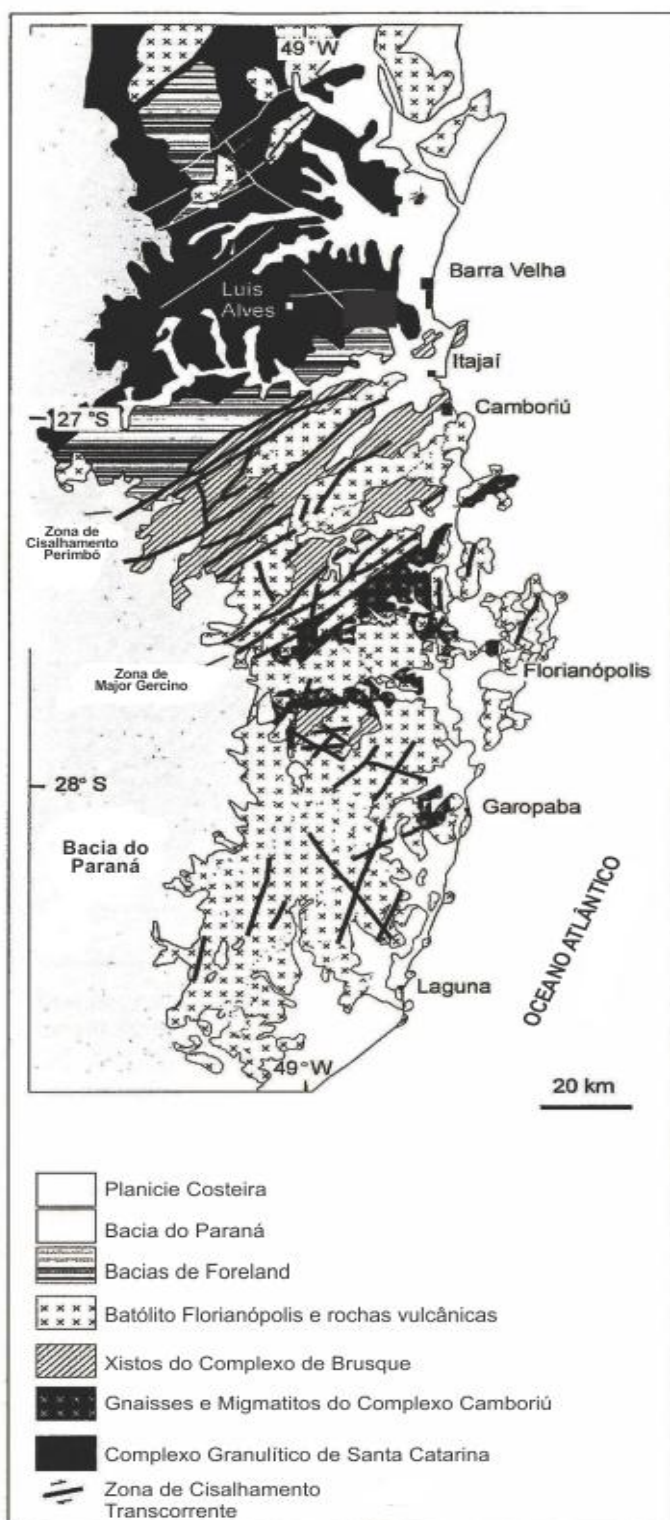
## MAPA GEOLÓGICO BANEIO-SC



**Figura 2:** Mapa geológico do Projeto BANEIO/SC – Bacias Neoproterozóicas de Santa Catarina, com a localização das amostras estudadas (retirado de Toniolo, 2012, no prelo).

## II. GEOLOGIA REGIONAL

No presente capítulo serão abordadas as principais unidades geotectônicas que constituem a porção nordeste do Escudo Catarinense (Fig.3).



**Figura 3:** Mapa Geológico-geotectônico do Escudo Catarinense (retirado de Hartmann & Fernandes 2000).

O Escudo Catarinense pertence ao domínio sul da Província da Mantiqueira, conforme divisão em províncias estruturais estabelecida por Almeida *et al.* (1977). Essa região fazia parte do sudoeste do Supercontinente Gondwana, que consistia de blocos cratônicos limitados por cinturões móveis desenvolvidos no Ciclo Brasileiro/Pan-Africano (Hartmann *et al.* 2003).

A Bacia do Itajaí está inserida no contexto geológico deste escudo, onde a formação e desenvolvimento da bacia estão relacionados à evolução tectônica do Cinturão Dom Feliciano. A bacia limita-se a norte com o Complexo Granulítico de Santa Catarina, a sul está em contato com o Complexo Metamórfico Brusque, e a sudeste com gnaisses retrometamórficos da Faixa Ribeirão da Prata. Esta última unidade corresponde às litologias do Complexo Granulítico de Santa Catarina retrometamorfizadas em fácies xistos verdes durante o Ciclo Brasileiro (Borba & Lopes 1983).

## 1. Complexo Granulítico de Santa Catarina

O Complexo Granulítico de Santa Catarina localiza-se a norte da Bacia do Itajaí, onde está em contato tectônico com a mesma (Fig.2). A oeste esta unidade é recoberta pelas litologias da Bacia do Paraná.

O Complexo Granulítico de Santa Catarina (Hartmann *et al.* 1979, Hartmann 1988) é constituído por gnaisses polimetamórficos complexos, predominantemente de composição ácida a intermediária com menores volumes de rochas ultramáficas e máficas. Subordinadamente ocorrem rochas cálcio-silicatadas, quartzitos e formações ferríferas.

As litologias do Complexo Granulítico de Santa Catarina registram dois eventos metamórficos de fácies granulito. O primeiro evento ocorreu em  $2.675 \pm 12$  Ma, o segundo evento metamórfico ocorreu em  $2.168 \pm 18$  Ma, e a idade de cristalização do protólito magmático corresponde a  $2.716 \pm 17$  Ma, conforme dados U-Pb SHRIMP em zircão obtidos por Hartmann *et al.* 2000.

Esta unidade geotectônica comportou-se como uma região estável após 1.9 Ga, atuando como um bloco pouco deformado, com características de *craton*, durante os processos tectônicos colisionais do Ciclo Brasileiro/Pan-Africano (Hartmann *et al.* 2000).

O primeiro estágio de diferenciação crosta-manto do Complexo Granulítico de Santa Catarina ocorreu no Arqueano em 2.8 Ga ( $T_{DM}$  idade modelo), e a estabilização tectônica ocorreu no Paleoproterozóico em 1.9 Ga, segundo dados K-Ar em biotita obtidos por Baseiet *et al.* 1998.

## 2. Complexo Metamórfico Brusque

O Complexo Metamórfico Brusque compreende uma associação de sequências metassedimentares, metavulcano-sedimentares, e metavulcânicas intrudidas por granitóides. Este complexo corresponde ao Domínio Intermediário do Cinturão Dom Feliciano, conforme designação de Basei (1985).

O Complexo Metamórfico Brusque ocorre na forma de uma faixa alongada segundo NE-SW, com aproximadamente 75 km de extensão e com largura máxima de 45 km (Fig.2). Limita-se a noroeste com a Zona de Cisalhamento Itajaí-Perimbó (Silva 1991), e a sudeste com a Zona de Cisalhamento Major Gercino (Bitencourt *et al.* 1989).

As litologias do Complexo Metamórfico Brusque estão metamorfizadas nas fácies xisto verde e anfibolito inferior. As unidades metassedimentares estão representadas por quartzo-mica xistos com granada, metarritmitos e sericita xistos (Silva *et al.* 1985; Philipp *et al.* 2001). As unidades metavulcano-sedimentares e metavulcânicas, possivelmente associadas a uma fase *rift*, compreendem calco-arenitos, metamargas, calco-xistos, sericita xistos, turmalinitos, e metabasaltos de afinidade alcalina a subalcalina (Sander 1992). Zonas metamórficas dispostas de NW para SE evoluem da zona da clorita, a noroeste, para paragêneses com andalusita, granada e biotita, a sudeste (Basei 1985).

As unidades do Complexo Metamórfico Brusque foram interpretadas como uma associação de metassedimentos plataformais (Almeida 1981, Hasui *et al.* 1975), como uma sequência formada em ambiente de arco de ilhas (Trainini *et al.* 1978), e como uma associação do tipo *Greenstone Belt* devido ao reconhecimento de rochas metavulcânicas básicas e ultrabásicas intercaladas com os metassedimentos (Silva & Dias 1981, Silva 1983, Silva 1991). Outros pesquisadores consideram que as rochas desta unidade geotectônica foram geradas em ambiente de margem continental passiva associado com a evolução de um cinturão orogênico (Fragoso Cesar 1980, Basei & Teixeira 1987, Mantovani *et al.* 1987).



**Quadro 1** - Compilação com a evolução do conhecimento a respeito do Complexo Metamórfico Brusque (a partir de Philipp *et al.* 2001).

Referência	Denominação Adotada	Contribuição	Concepção Tectônica	Idade Atribuída
Carvalho e Pinto (1938)	Série Brusque	Identificaram as rochas de baixo grau (filitos, quartzitos, xistos e calcáreos), definindo-as como Série Brusque		Neoproterozóico (Algonquiano)
Takeda (1958)	Série Brusque	Considerou a Série Brusque como sendo composta por rochas de baixo, médio e alto grau metamórfico		Neoproterozóico
Almeida (1967)	Série Brusque	Interpreta a Série Brusque como um Ortogeossinclíneo com granitos sin-tardi- cinemáticos associados	Ortogeossinclíneo	Neoproterozóico (Baikaliano)
Schulz Jr. e Albuquerque (1969)	Grupo Brusque	Denominam as rochas metamórficas como Grupo Brusque, definindo a porção metassedimentar como Formação Botuverá, e reconhecendo no mesmo grupo o "Granito Guabiruba" e o "Granodiorito Valsungana"		Mesoproterozóico Tardio a Neoproterozóico (1.1–0,57 Ga)
Mônaco <i>et al.</i> (1974)	Grupo Brusque	Reconhecem o caráter intrusivo e a existência de metamorfismo de contato dos granitos Valsungana e Guabiruba. Caracterizam os limites do Grupo Brusque como tectônicos		Neoproterozóico
Hasui <i>et al.</i> (1975)	Grupo Brusque	Considerou o Grupo Brusque como parte do Sistema de Dobramento Tijucas	Seqüência sedimentar plataformar	Neoproterozóico (0,45–0,65 Ga)
Trainini <i>et al.</i> (1978)	Grupo Brusque	Desvinculam os granitóides Guabiruba e Valsungana do Grupo Brusque, considerando este apenas metassedimentar	Evolução de um arco insular	Neoproterozóico
Silva <i>et al.</i> (1978)	Grupo Brusque	Estabelecem o caráter polifásico do cinturão, identificando 6 zonas de metamorfismo (Clo, Bt, Gran, Stt, And, e Sil) indicando grau metamórfico crescente de NW para SE		Neoproterozóico
Silva e Dias (1981)	Complexo Metamórfico Brusque	Reconhecem a contribuição vulcânica, redefinindo a seqüência vulcanossedimentar como Complexo Metamórfico Brusque	Greenstone Belt	Arqueano
Silva (1983a,b)	Complexo Metamórfico Brusque	Define a Seqüência Vulcanossedimentar Rio Itajaí-Mirim (SVSRIM), sugerindo para os derrames vulcânicos uma afinidade komatiítica (Greenstone Belt Rio Itajaí-Mirim)	Greenstone Belt	Arqueano
Silva <i>et al.</i> (1985)	Complexo Metamórfico Brusque	Define o Cinturão Rio Itajaí-Mirim com a Seqüência Metavulcanossedimentar Rio do Oliveira, identificando extensiva associação de rochas piroclásticas (tufo, lapilitos, brechas máficas e ultramáficas) interestratificadas com lavas máficas	Greenstone Belt	Arqueano
Borba <i>et al.</i> (1985)	Grupo Brusque	Identificam condições metamórficas de baixo a médio grau, salientando a ocorrência no GB de granitóides e pegmatitos à muscovita e turmalina		
Basei (1985)	Grupo Brusque	Propõe que o GB represente o domínio intermediário do Cinturão Dom Feliciano. Identifica 4 fases de deformação no GB, subdividindo-o em três unidades litoestratigráficas denominadas de: Seqüências Botuverá, Ribeirão do Agrão e Rio da Areia	Subducção do Tipo A	Neoproterozóico
Basei e Teixeira (1987)	Grupo Brusque	Sugerem uma evolução monocíclica com idade mínima de 0,8 Ga para o metamorfismo, e 2,0 Ga para a sedimentação	Subducção do Tipo A	Paleoproterozóico
Mantovani <i>et al.</i> (1987)	Grupo Brusque	Atribuem idades modelo Sm-Nd para xistos e filitos do CMB	Subducção do Tipo A	ca. de 2,0 Ga
Basei (1990)	Grupo Brusque	Obtém uma idade Sm-Nd para rocha metabásica da Seqüência Rio Oliveira		1.67 Ga
Silva (1991)	Complexo Metamórfico Brusque	Enfatiza a importância de ciclos de extensão crustal e rifteamento ensialico associado ao desenvolvimento da bacia que originou o CMB. Também salientou o papel dos eventos deformacionais, responsabilizando-os pelo caráter alóctone do CMB	Subducção do Tipo B	Arqueano
Sander (1992)	Complexo Metamórfico Brusque	Utiliza conceitos de fácies sedimentares, subdividindo o CMB na região de Botuverá em 4 unidades principais: siliciclástica pelítico-arenosa, siliciclástica arenosa, carbonática e vulcanogênica. Para esta última unidade salienta o caráter transicional do magmatismo (toleítico e alcalino), indicando para este vulcanismo um ambiente de intra-placa	Rift intra-continental	
Caldasso <i>et al.</i> (1995)	Complexo Metamórfico Brusque	Salienta uma evolução policíclica e polifásica, com as fases precoces D <sub>1</sub> e D <sub>2</sub> relacionadas a uma tectônica tangencial (Mesoprot.) responsáveis pela foliações de transposição S <sub>1</sub> e S <sub>2</sub> . As fases tardias D <sub>3</sub> e D <sub>4</sub> , responsáveis pela estruturação do cinturão, foram relacionadas a tectônica transcorrente (Neoproterozóico.)	Depósitos plataformais	Paleo a Mesoproterozóico
Hartmann <i>et al.</i> (2000)	Grupo Brusque	Atribue idade U-Pb SHRIMP em zircões para um metarquito do CMB, estabelecendo uma idade de magmatismo, e outra de metamorfismo		2,6 Ga (magm.), 600 Ma (metam.)
UFRGS (2000)	Complexo Metamórfico Brusque	Subdivide o CMB na região de Itajaí-Tijucas em 3 seqüências metassedimentares (Clástica, Química e Clástico-química) e duas vulcanogênicas (Básica e Magnésiana). Identifica os granitos do Comprado, Itapema e granitos peraluminosos como relacionados a evolução das fases de deformação tangencial (D <sub>1</sub> -D <sub>2</sub> ). Salienta que a colocação dos granitos Valsungana e Serra dos Macacos está associada a D <sub>3</sub>		Arqueano a Paleoproterozóico

### **3. Zona de Cisalhamento Itajaí-Perimbó**

A zona de cisalhamento Itajaí-Perimbó constitui uma descontinuidade crustal de primeira ordem que coloca em contato o Complexo Metamórfico Brusque e a Bacia do Itajaí. Foi inicialmente descrita por Silva & Dias (1981).

Esta megaestrutura esteve ativa durante a abertura, fechamento e deformação da Bacia do Itajaí (Rostirolla, 1991; Schroeder, 2006). Apresenta atitude média N45°E; sub-vertical, aproximadamente 15 km de espessura, e padrão de foliação anastomosada, onde verifica-semilonitização transcorrente dúctil a dúctil-rúptil sobre as litologias do Complexo Granulítico de Santa Catarina e sobre as unidades metavulcano-sedimentares do Complexo Metamórfico Brusque, com geração de milonitos, ultramilonitos, filonitos e cataclasitos (Silva 1991; Basei 1985).

Reativações desta zona de cisalhamento após a deposição das unidades da Bacia do Itajaí foram responsáveis pelo cavalgamento da faixa metamórfica de baixo grau sobre as litologias da bacia, gerando inversão estratigráfica (Basei 1985; Schroeder 2006; Guadagninet *al.* 2010). Nesta situação o Lineamento Perimbó-Itajaí adquiriu comportamento de falha inversa (Basei & Hawkesworth 1993), posterior à movimentação transcorrente (Silva 1987).

### **4. Zona de Cisalhamento Major Gercino**

A Zona de Cisalhamento Major Gercino está localizada a aproximadamente 50km da zona de transcorrência Itajaí-Perimbó (Fig.3), e pertence a um importante sistema de cisalhamento de direção NE-SW que esteve ativo durante o final do Proterozóico, onde atuou ativamente sobre as litologias das regiões sul e sudeste do Brasil e Uruguai.

Em Santa Catarina esta zona de transcorrência recebe a denominação de Zona de Cisalhamento Major Gercino, no Rio Grande do Sul é designada Dorsal de Canguçu, e no Uruguai este lineamento é conhecido como Sierra Ballena (Schroeder 2006; Passarelli *et al.* 1993; Bitencourt 1996).

O lineamento Major Gercino justapõe duas áreas geologicamente distintas que correspondem aos Domínios Interno (constituído por granitóides) e Intermediário (representado por rochas supracrustais) do Cinturão Dom Feliciano conforme Basei (1985).

A zona de cisalhamento Major Gercino foi primeiramente reconhecida por Schultz Jr. & Albuquerque (1969) como Falha Major Gercino. A designação atual foi proposta por Bitencourt *et al.* (1989). Os últimos autores identificaram uma

movimentação transcorrente dextral, em condições dúcteis-rúpteis, e delimitaram corpos graníticos relacionados a esta zona de transcorrência.

Bitencourt *et al.* (1989) e Bitencourt (1996) relacionam os Granitos Quatro Ilhas e Mariscal ao início da fase de transcorrência, atribuem o desenvolvimento do Granodiorito Estaleiro à principal fase de deformação (transcorrência), e a geração da Suíte Intrusiva Zimbros durante as últimas movimentações nesta zona de cisalhamento. A datação destes corpos graníticos realizada por Chemaleet *et al.* (2003) forneceu idades entre 641 a 590Ma, posicionando o magmatismo sin-transcorrência ao final do Proterozóico.

## 5. Suíte Intrusiva Subida e riolitos Apiúna

A Suíte Intrusiva Subida, conforme denominação de Silva (1987), compreende seis corpos graníticos intrusivos nas litologias do embasamento granulítico e nas rochas da Bacia do Itajaí. Este magmatismo apresenta características de epizona, e caráter alcalino a peralcalino. Os Riolitos Apiúna compreendem três *stocks* expostos entre as cidades de Ibirama e Apiúna, associados a ocorrências de diques e sills de composição similar (Guadagninet *et al.* 2010).

A partir do método Rb-Sr isócrona em rocha total Basei (1985) obteve idades de  $544 \pm 20$ Ma para as rochas vulcânicas da bacia e de  $546 \pm 10$ Ma para o Granito Subida. Estas idades foram reinterpretadas por Chemale Jr *et al.* (1995), que forneceram resultados equivalentes a  $523 \pm 92$ Ma e  $535 \pm 22$ Ma, respectivamente.

Basei *et al.* (1999) relatam idades de  $567 \pm 14$ Ma para o Riolito Apiúna, e de  $561 \pm 42$  Ma para o Granito Subida, correspondente à datação pelo método convencional U-Pb em zircão.

Considerando as características químicas e os dados geocronológicos Basei (1985) relaciona as rochas vulcânicas da região de Apiúna e o Granito Subida ao mesmo evento magmático, denominando estas litologias como Suíte Plutono Vulcânica Subida. Baseado nas baixas razões iniciais  $Sr^{87}/Sr^{86}$  de  $0,700 \pm 0,002$  o autor sugere uma origem profunda para essas litologias, possivelmente geradas a partir da fusão da base da crosta, ou desenvolvidas a partir de diferenciados mantélicos.

O Granito Subida apresenta cor rosa, granulação média a grossa, textura equigranular. Trata-se de um leucogranito a leucosienogranito com subordinada ocorrência de biotita e hornblenda.

A Formação Apiúna corresponde às rochas vulcânicas ácidas que ocorrem como sills, diques e lavas; as unidades hipabissais cortam a sequência sedimentar da bacia, enquanto as lavas posicionam-se no topo da sucessão estratigráfica. Intercalados aos depósitos sedimentares verificam-se depósitos tufáceos que ocorrem interestratificados

com os sedimentos não-vulcanogênicos (Macedo *et al.* 1984, Basei 1985, Rigon 1993, Silva *et al.* 2002).

A datação de uma camada de tufo intercalada nos sedimentos da base do Grupo Itajaí por Basei (1985) forneceu idade de  $534 \pm 4$  Ma, pelo método isócrona Rb-Sr em rocha total.

Silva *et al.* (2002) indicaram idade máxima para abertura da bacia de  $643 \pm 12$  Ma, e idade do evento vulcânico explosivo correspondente a  $606 \pm 8$  Ma mediante o estudo de grãos de zircão de uma camada de tufo. Os dados geocronológicos foram obtidos pelo método U-Pb SHRIMP em zircão.

O magmatismo da Bacia do Itajaí é correlacionado por alguns autores (Basei 1985; Silva) ao vulcanismo da bacia de Campo Alegre. Esta bacia está localizada a aproximadamente 50 Km a norte da região de Itajaí, disposta sobre o embasamento granulítico do escudo catarinense. Basei (1985) apresentou a idade de  $536 \pm 65$  Ma para as rochas vulcânicas da Bacia de Campo Alegre, corroborando com este pensamento.

## **6. Formação Serra Geral e sedimentos do Quaternário**

A Formação Serra Geral está representada na área da Bacia do Itajaí por diques de diabásio, dispostos segundo  $N30^{\circ}-60^{\circ}E$ . Estas vulcânicas hipabissais pertencem ao Grupo São Bento.

Os sedimentos de idade quaternária são constituídos por aluviões atuais e terraços subatuais encontrados ao longo dos cursos de drenagem, estes correspondem a material epiclástico depositado pela ação dos rios, muito comum nessa região do Vale do Itajaí. Além destas coberturas quaternárias ocorrem depósitos de tálus junto às encostas.



### III. GEOLOGIA DA ÁREA

#### 1. Geologia da Bacia do Itajaí

A Bacia do Itajaí é uma unidade geotectônica desenvolvida nos estágios finais do Ciclo Brasileiro/Pan-Africano. Corresponde a uma bacia tardi a pós-orogênica limitada por falhas, depositada adjacente ao Cinturão Dom Feliciano, no estado de Santa Catarina; onde a formação e desenvolvimento da bacia estão relacionados à evolução tectônica do Cinturão Dom Feliciano.

A bacia limita-se a norte com o Complexo Granulítico de Santa Catarina através do Lineamento de Blumenau. A sul limita-se com o Cinturão Dom Feliciano e com o Complexo Metamórfico Brusque, mediante a Zona de Cisalhamento Itajaí-Perimbó (Fig.2).

A Bacia do Itajaí é constituída por uma espessa sequência de depósitos sedimentares aluviais-deltaicos a plataformais, sucedidos por turbiditos e depósitos de fan-delta. Estas unidades estão deformadas e são intrudidas por granitos evulcânicos hipabissais não deformadas pertencentes a Formação Apiúna.

A sequência sedimentar da bacia compreende, da base para o topo: a. conglomerados de leques aluviais; b. arenitos finos, folhelos e arenitos com estrutura granodecrescente ascendente característicos de frente deltaica; c. sedimentos marinhos transgressivos; d. sedimentos marinhos regressivos (Schroeder, 2006). Níveis tufáceos ocorrem interdigitados com os depósitos sedimentares.

Os depósitos sedimentares e vulcano-sedimentares registram dois eventos de deformação que ocorrem na forma de dobras abertas, tectônica oblíqua de baixo ângulo e falhamentos. Estes depósitos são intrudidos pelo Granito Português, pelo Granito Subida e por riolitos hipabissais da Formação Apiúna, estes não deformados. Unidades de lavas ácidas da Formação Apiúna ocorrem no topo da sequência da bacia.

A partir de técnicas de análises de lineamentos obtidos pela interpretação de imagens de satélite e análise estrutural de feições mesoscópicas integrado aos dados litoestratigráficos Schroeder (2006) diferenciou os principais eventos associados a tectônica modificadora da Bacia do Itajaí.

Aplicando a estratigrafia de sequências, Appi (1991); Appi & Cruz (1990); Krebs *et al.* (1988; 1990); Rostirolla *et al.* (1992; 1999); Fonseca (2004) descrevem os ambientes sedimentares da bacia em detalhe, e propõe a divisão do registro epiclástico em distintas associações de fácies.

Rostirolla *et al.* (1992) individualizaram as unidades da Bacia do Itajaí em quatro associações de fácies, denominadas da base para o topo, de A, B, C e D. A associação de fácies A é formada por depósitos de leques aluviais que gradam para leques deltaicos. Nesta associação predominam conglomerados e arenitos médios a grossos, com ocorrência subordinada de arenitos muito finos, siltitos e folhelos. A sucessão vertical

de fácies é granodecrescente ascendente, com diminuição da espessura das camadas em direção ao topo. Os autores estimam uma espessura de 1000m para esta unidade.

A associação de fácies B é constituída por depósitos turbidíticos. Ocorrem conglomerados, arenitos e ritmitosareno-pelíticos depositados por correntes de turbidez. A espessura dos depósitos das associações de fácies B e C corresponde a 2500m conforme Rostirolla *et al.* (1992), e 4000m segundo Basilici (2006).

A unidade C compreende depósitos finos, onde predominam folhelos e siltitosinteracamadados, depositados em condições calmas e distais em relação às margens da bacia. De acordo com Basilici (2006) as associações de fácies B e C de Rostirolla *et al.* (1992) apresentam análogas condições de deposição. Este autor reúne as duas associações em uma unidade, denominada Unidade Apiúna para referir-se aos depósitos gerados abaixo do nível da ação das ondas. A espessura total das associações de fácies B e C ou Unidade Apiúna é de 2,5km conforme Rostirolla *et al.* (1992), e de 4km de acordo com Basilici (2006).

A unidade D é formada por depósitos de leques aluviais, que afloram ao longo da margem sul-sudeste da bacia. Siltitos e arenitos finos ocorrem na base desta associação de fácies, porém predominam conglomerados e arenitos grossos. Schroeder (2006) relaciona inversão estratigráfica da unidade de leques aluviais sobre os depósitos finos da associação de fácies C devido a reativações de falhas inversas e oblíquas da Zona de Cisalhamento Itajaí-Perimbó.

Citroni (1993) classifica a Bacia do Itajaí como do tipo *rift*, sendo constituída da base para o topo, por associações de fácies Continentais, Transicionais e Bacinais.

Base *et al.* (2011) dividiram as unidades litoestratigráficas da Bacia do Itajaí em cinco formações, as quais compreendem da base para o topo, a Formação Baú, a Formação Ribeirão Carvalho, Formação Ribeirão Nesse, Formação Ribeirão do Bode, e a Formação Apiúna (Fig.4).

A Formação Baú constitui a unidade de base do Grupo Itajaí e ocorre em ambas bordas da bacia. Esta unidade é constituída na base por lentes de conglomerados polimíticos, clasto-suportados, com matriz arenítica-arcoseana, e com extensão de centenas de metros. Os clastos estão representados por gnaisses, granitos, veios de quartzo, quartzitos e milonitos. Em direção ao topo da Formação Baú ocorrem arenitos arcoseanosmicáceos, de cor vermelho escuro, pobremente selecionados. Possuem granulação média a grossa, eventualmente conglomerática, e podem gradar para um conglomerado rico em grânulos. Os clastos nos arenitos são sub-angulares a sub-arredondados, com moderada esfericidade.

A Formação Ribeirão Carvalho é constituída por sedimentos intercalados ritmicamente. Esta unidade possui 650 metros de espessura, os quais podem ser divididos em dois tipos principais de associações de rocha:

a. ritmitos representados por corpos tabulares constituídos por arenitos médios a finos, intercalados com camadas de espessura centimétrica a decimétrica de siltitos e argilitos. Nesta associação de fácies ocorrem as estruturas sedimentares T<sub>A</sub>, T<sub>B</sub>, T<sub>C</sub> e T<sub>D</sub>,

correspondentes às fácies de Bouma, desenvolvidas em turbiditos proximais (Santos *et al.* 2008);

b. ritmitos representados por corpos canalizados, aparentemente maciços, de arenitos médios a grossos, camadas de arenito fino intercaladas com argilitos, e níveis conglomeráticos, com estrutura maciça. Os conglomerados são polimíticos, constituídos por clastos angulares a sub-angulares de quartzo, quartzo leitoso, fragmentos de rochas da própria bacia, e abundantes clastos de rochas vulcânicas ácidas. Essa sequência litológica resulta de contribuição turbidítica proximal (Santos *et al.* 2008).

A Formação Ribeirão Nesse possui 1000 metros de espessura, e ocorre em contato gradacional com os ritmitos da Formação Ribeirão Carvalho. Essa formação é constituída por arenitos arcoseanos de cor cinza, com granulometria fina a média, imaturos, pobremente selecionados. As estruturas sedimentares correspondem a estratificação plano-paralela, estratificação cruzada climbing-ripple, estratificação cruzada de pequena a média escala, e estruturas de deslizamento.

A Formação Ribeirão do Bode corresponde à unidade sedimentar de topo do Grupo do Grupo Itajaí, apresentando aproximadamente 1500 metros de espessura. Esta Formação é constituída por siltitos finamente laminados intercalados com camadas siltico-argilosas, por camadas de siltito maciço, e por níveis de conglomerados polimíticos constituídos por clastos de rochas vulcânicas ácidas. Os siltitos laminados são cinza-esverdeados, constituem camadas de espessura métrica, e apresentam estruturas de deslizamento, linsen, *wavy*, acamamento gradacional, e laminação plano-paralela.

A Formação Apiúna é constituída por rochas vulcânicas ácidas. Estas ocorrem na forma de diques, lavas e intrusões rasas, e tiveram seu posicionamento tectono-magmático após os eventos de deformação que afetaram as outras unidades da bacia.

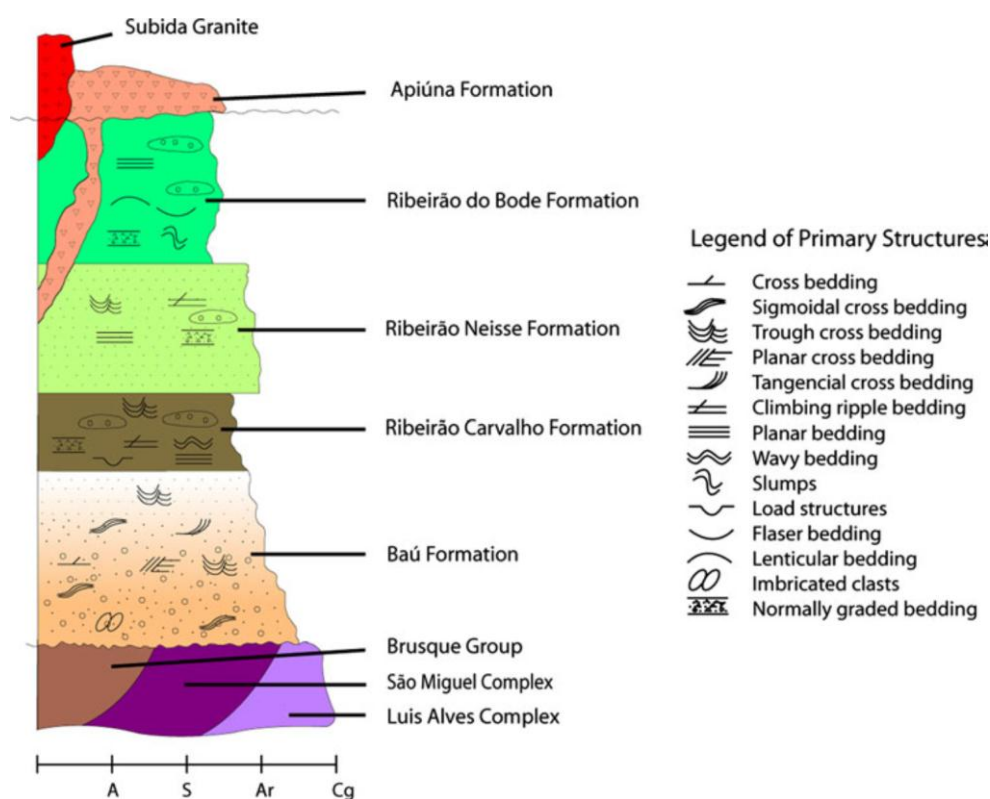
Ocorrências fósseis em depósitos marinhos da Bacia do Itajaí foram reportados por Da Rosa (2005), os quais correspondem a *Parvancorina*, *Charniodiscus*, *Cyclomedusa* e *Aspidella*. De acordo com Narbonne (2005) essa assembléia fóssil registra desenvolvimento entre 575 e 542 Ma.

Paimet *al.* 1997 reportaram a ocorrência de icnofósseis e corpos fósseis em níveis turbidíticos de baixa densidade do Grupo Itajaí. Corpos fósseis estão representados por *Chancelloria*, que constitui um *taxon* Cambriano restrito ao Cambriano Inferior a Médio. Conforme esses pesquisadores traços fósseis também sugerem uma idade Cambriana.

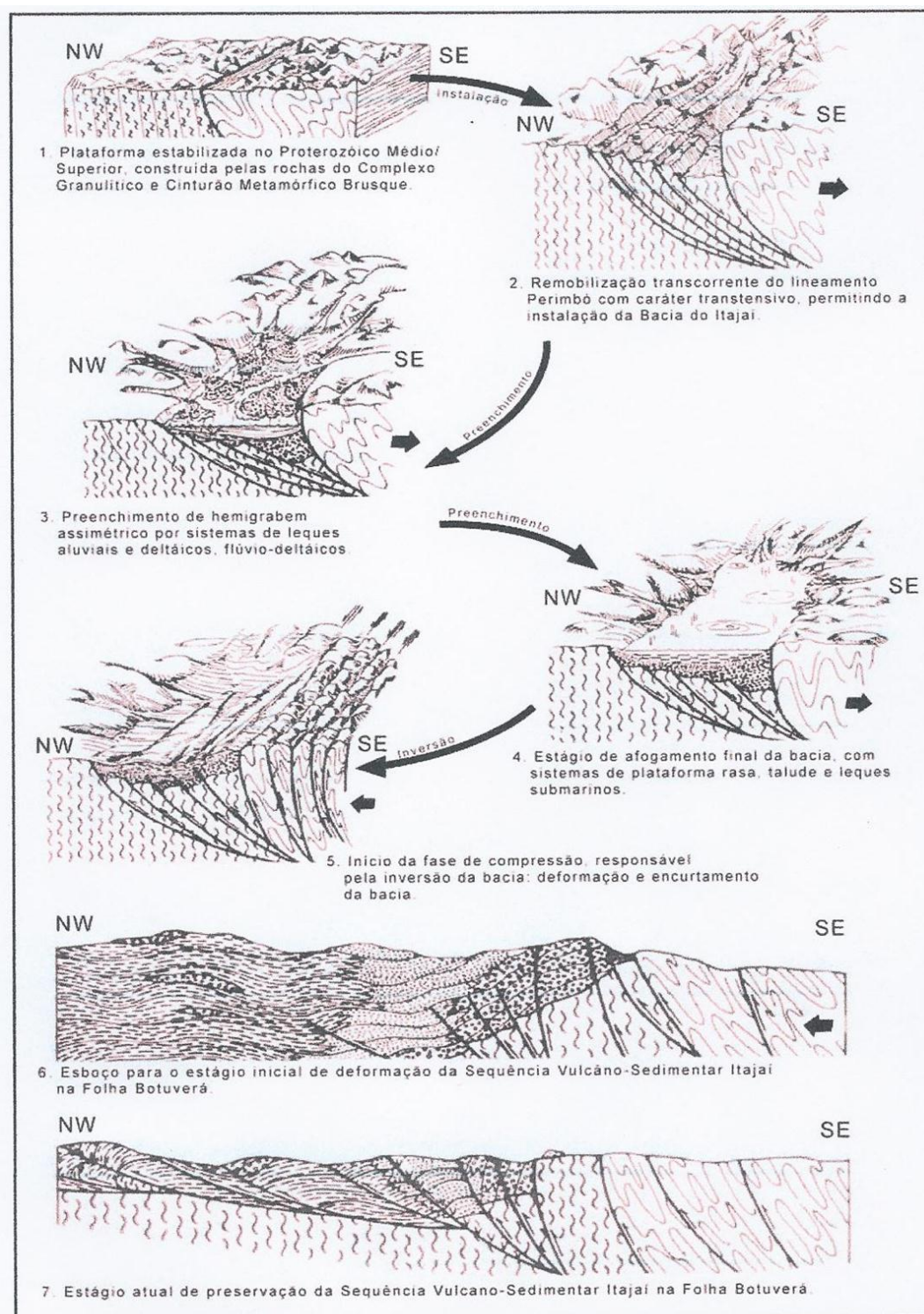
A Bacia do Itajaí tem sido classificada como uma bacia do tipo *rift* (Silva, 1985), bacia extensional de foreland do tipo *rift* (Basei, 1985) e bacia transtensional (Krebs *et al.*, 1990; Schroeder, 2006).

Considerando os dados estruturais, faciológicos e geofísicos, Krebs *et al.* 1990 e Caldasso *et al.* 1995 (Fig.5) definem a Bacia do Itajaí como do tipo transtensiva,

relacionada a um cinturão de cisalhamento. Consideram que a instalação da bacia ocorreu após a estabilização dos esforços transgênicos, ao final do Ciclo Brasileiro, por remobilização do cinturão de cisalhamento através da reativação das falhas transcorrentes do Lineamento Perimbó, gerando uma bacia transtensiva, de forma sigmoidal e de fundo assimétrico. Ao final do Proterozóico Superior e início do Eo-Paleozóico ocorreu a fase de inversão da bacia, caracterizada por intensa cataclase e brechação associadas à reativação das falhas transcorrentes. Cavalgamentos ocorreram nos depósitos sedimentares e vulcano-sedimentares, gerando dobras e falhas nos estratos deposicionais. A inversão da bacia originou um padrão em leque imbricado, que converge para baixo e abre-se para cima, constituindo uma estrutura do tipo hemiflor positiva.



**Figura 4** - Coluna estratigráfica do Grupo Itajaí (a partir de Base *et al.* 2011)



**Figura 5** – Estágios de evolução tectônica da Bacia do Itajaí (segundo Krebs *et al.* 1990)



## IV. PETROGRAFIA

No presente capítulo são apresentados sucintamente os dados petrográficos das rochas graníticas e riolíticas da área de estudo.

### 1. Granito Português

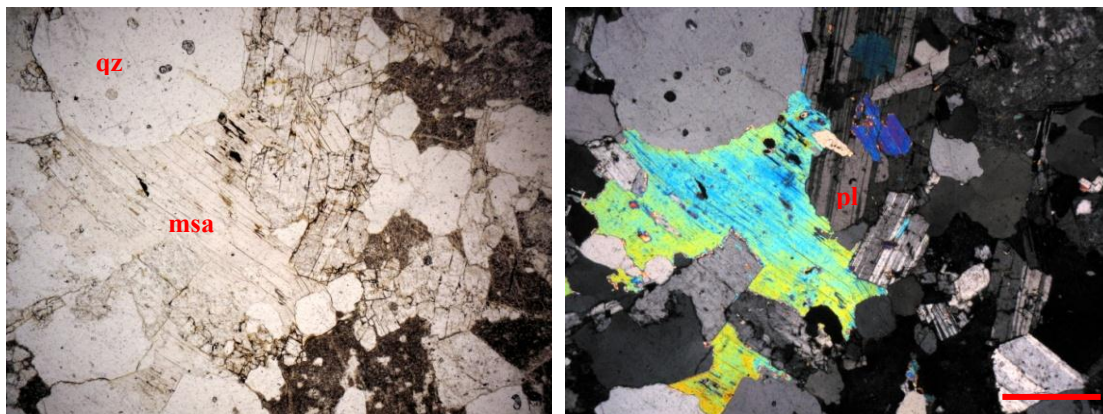
O Granito Português (Fig.6) ocorre na porção norte da Bacia do Itajaí. Trata-se de um muscovita granito.

A rocha possui textura hipidiomórfica, média a grossa, constituída por feldspato alcalino do tipo ortoclásio, plagioclásio, quartzo, muscovita e biotita. Os minerais acessórios estão representados por zircão, apatita e esfero.

O feldspato alcalino é perítico e poiquilítico, com inclusões de plagioclásio, quartzo e palhetas de muscovita.

O plagioclásio é prismático, apresenta macla da albita, e possui inclusões de outros minerais caracterizando a textura poiquilítica.

O quartzo ocorre na forma de grãos anédricos, globulares, com tamanho menor que 1mm, inclusos em outros minerais; ocorre como mineral intersticial, preenchendo os espaços entre cristais maiores; e como cristais maiores, porfíricos.

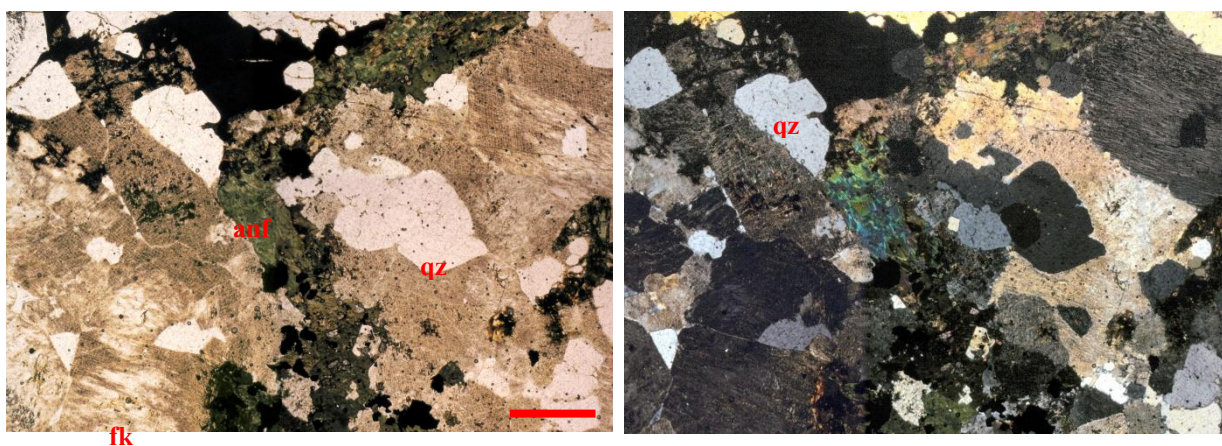


**Figuras 6a e 6b.** 6a – Fotomicrografia mostrando aspecto textural geral da rocha, com a textura hipidiomórfica, ressaltando o plagioclásio (pl), quartzo (qz) e moscovita (msa). Técnica de LN, aumento de 50X, com escala gráfica de 0,5mm. 6b – Fotomicrografia idêntica a anterior porém em técnica de LP, com mesmo aumento e escala gráfica.

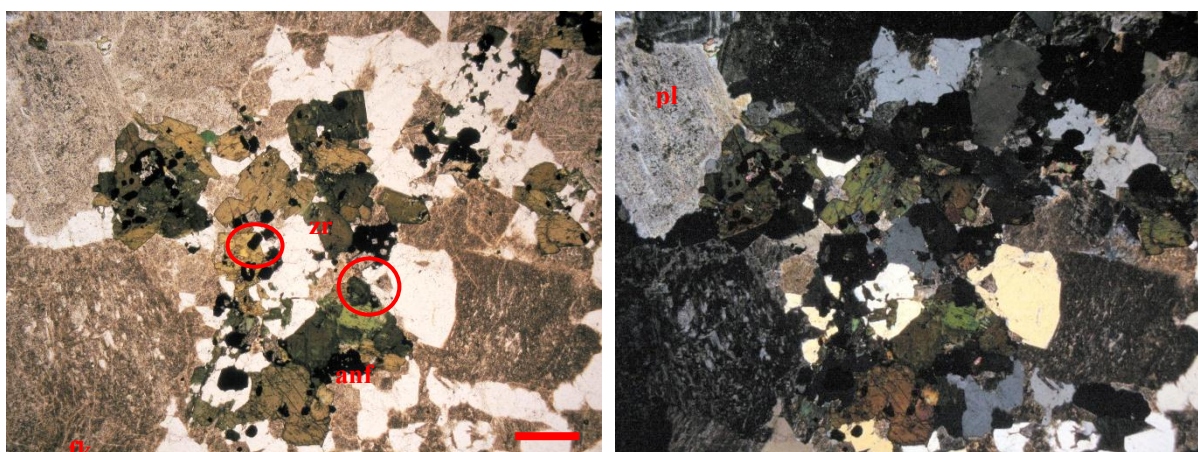
## 2. Granito Subida

Petrograficamente o Granito Subida (Figs. 7, 8 e 9) está representado por sienogranito, granito e feldspato alcalino granito, com texturas granular hipidiomórfica, seriada, média a grossa, porfirítica, poiquilitica, e eventualmente granofírica.

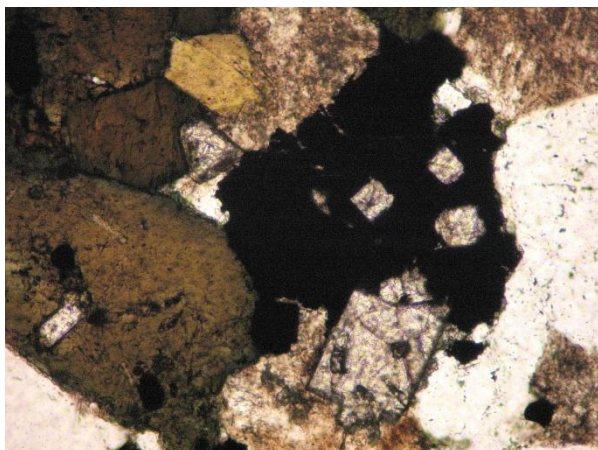
Os minerais essenciais estão representados por feldspato alcalino peritítico, plagioclásios do tipo andesina-oligoclásio e quartzo. Biotita e hornblenda são minerais varietais; enquanto clinopiroxênio, zircão e apatita ocorrem na condição de minerais acessórios.



**Figuras 7a e 7b.** 7a – Fotomicrografia da amostra JT-1036 mostrando aspecto textural geral da rocha, com a textura equigranular hipidiomórfica média a fina, onde se destacam os cristais de quartzo subédricos (qz), feldspato alcalino do tipo ortoclásio (fk) e anfibólio (anf). Técnica de LN, aumento de 50X, com escala gráfica de 1mm. 7b – Fotomicrografia idêntica a anterior porém em técnica de LP, com mesmo aumento e escala gráfica.

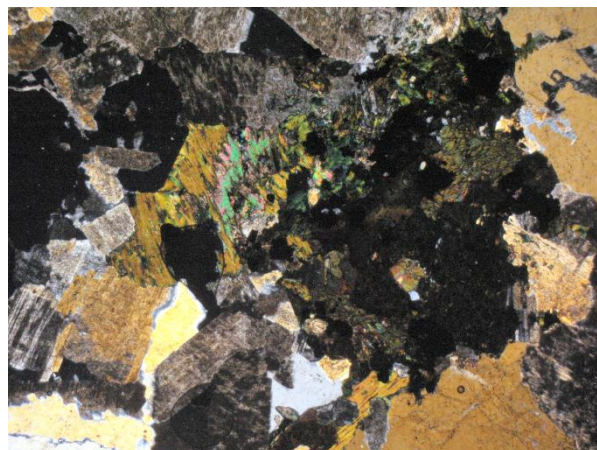
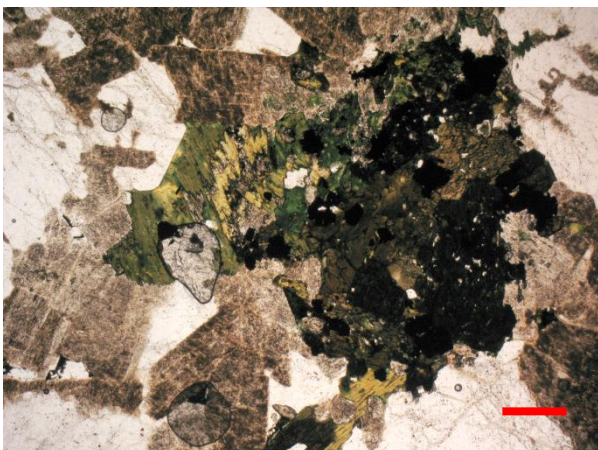






**Figuras 8a, 8b e 8c.** **8a**– Fotomicrografia da amostra JT-1035 detalhando um domínio rico em anfibólio (anf) e opacos, além disso observam-se prismas de ortoclásio (fk) e plagioclásio (pl) clinopiroxênio, quartzo subédrico (qz) e, nos campos circundados, cristais de zircão (zr). Técnica de LN, aumento de 40X, com escala gráfica de 1mm. **8b** – Fotomicrografia idêntica a anterior porém em técnica de LP, com mesmo aumento e escala gráfica.

**8c** – Fotomicrografia de detalhe de um dos campos marcados na 2a, mostrando os cristais de zircão. Técnica de LN, aumento de 40X, com escala gráfica de 0,5mm.



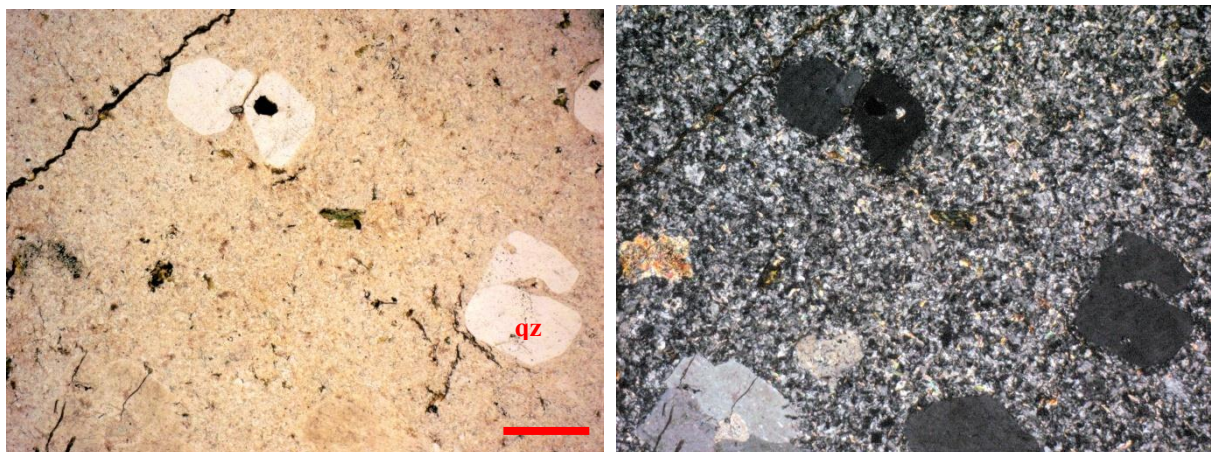
**Figuras 9a e 9b.** **9a** - Fotomicrografia da amostra JT-1035 detalhando um domínio rico em anfibólio e opacos. Técnica de LN, aumento de 40X, com escala gráfica de 1mm. **9b** – Fotomicrografia idêntica a anterior porém em técnica de LP, com mesmo aumento e escala gráfica.



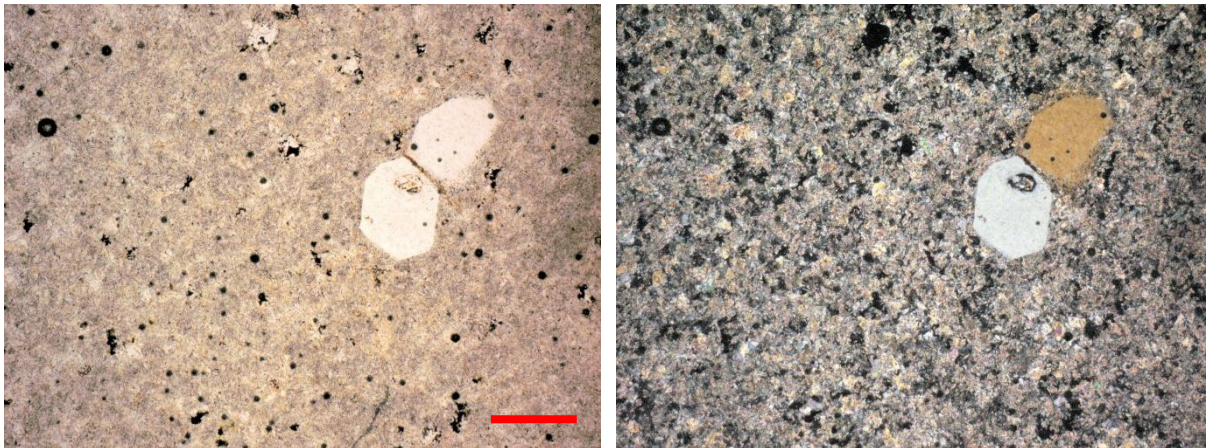
### 3. Riolitos Apiúna

Petrograficamente os riolitos da Formação Apiúna apresentam a textura porfírica caracterizada pela ocorrência de fenocristais de sanidina e quartzo, em matriz quartzo-feldspática.

Palhetas de biotita cloritizada ocorrem na condição de minerais varietais, e zircão é um mineral acessório dessas rochas.



**Figuras 10a e 10b.** 10a – Fotomicrografia da amostra MG-135 mostrando a textura porfírica, onde se destacam fenocristais de quartzo subédricos (qz), com golfos de corrosão, raras palhetas de biotita cloritizada em mesóstasis quartzo-feldspática. Técnica de LN, aumento de 50X, com escala gráfica de 0,5mm. 10b – Fotomicrografia idêntica a anterior porém em técnica de LP, com mesmo aumento e escala gráfica.

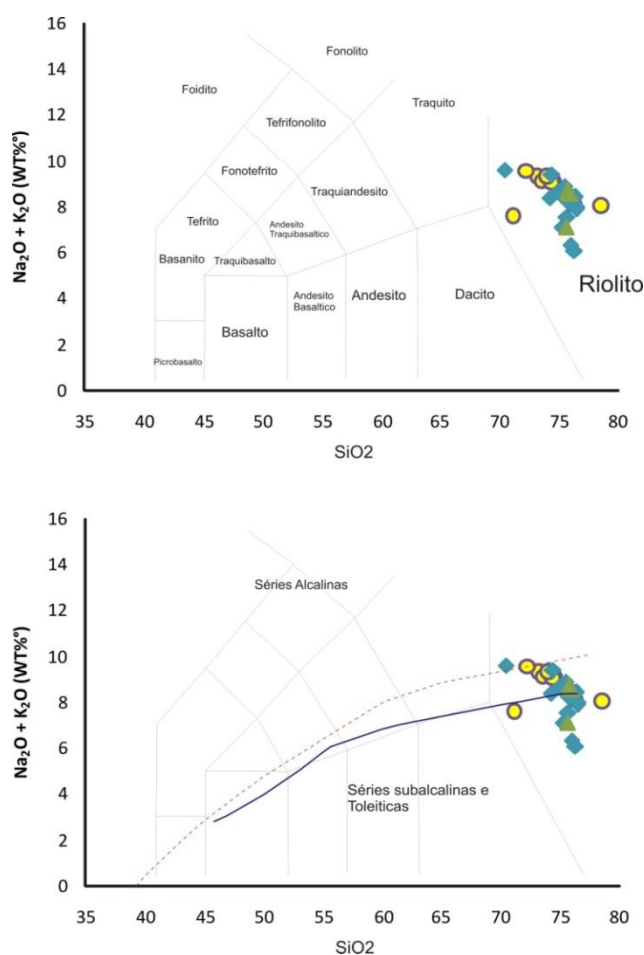


**Figuras 11a e 11b.** **11a** – Fotomicrografiada amostra JT-1014E mostrando a textura porfirica, onde se destacam fenocristais de quartzo subédricos (qz), com golfos de corrosão, em mesóstasis quartzo-feldspática rica em moscovita. Técnica de LN, aumento de 50X, com escala gráfica de 0,5mm. **11b** – Fotomicrografia idêntica a anterior porém em técnica de LP, com mesmo aumento e escala gráfica.

## V. LITOQUÍMICA

No presente capítulo são apresentados e discutidos os dados químicos referentes a elementos-maiores, elementos-traço e elementos terras raras (ETR) de 29 amostras de rocha do magmatismo ácido da Bacia do Itajaí. Nas Tabelas 1, 2, 3 e 4 constam os resultados das análises químicas das rochas.

De acordo com o diagrama TAS –  $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$  versus  $\text{SiO}_2$  (Le Baset *al.*, 1986) as rochas estudadas correspondem a granitos e riolitos (Fig.12a) do tipo alta sílica (Mahood&Hildreth 1983), onde os valores de  $\text{SiO}_2$  variam entre 71,11 e 78,50%.



**Figura 12** - Rochas graníticas e vulcânicas ácidas do magmatismo da Bacia do Itajaí plotadas no diagrama de classificação TAS (Le Baset *al.*, 1986). Óxidos em porcentagem por peso. Legenda: losângulo = Riolitos Apiúna; círculo = Granito Subida; triângulo = Granito Português. Fig.12a. Classificação das rochas ígneas. Fig.12b. Divisão das rochas segundo os campos alcalino e subalcalino. Limite inferior a partir de Kuno (1966). Limite superior segundo Irvine & Baragar (1971).



AMOS TRA	MG -108 B	JT- 101 2	JT- 105 6 C	MG -118	CI- 504	JT- 105 1 E	JT- 103 2c	JT- 103 4a	JT- 103 5	JT- 103 6	M G- 27	M G- 28 b	JT- 100 1b	JT- 101 5-d	JT- 103 8a
SiO <sub>2</sub>	75,6 3	75,8 4	75,5 6	76,2 5	78, 50	71,1 1	73,1 8	73, 55	72, 20	74, 52	74, 33	73, 97	74,3 6	75,2 0	70, 40
TiO <sub>2</sub>	0,03	0,06	0,03	0,03	0,0 2	0,19	0,18	0,1 2	0,2 0	0,1 4	0,1 4	0,1 5	0,09	<0,0 1	0,1 3
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	13,3 5	12,9 6	13,0 8	12,2 3	11, 30	14,3 4	13,1 3	13, 01	13, 35	12, 43	12, 72	12, 89	13,5 7	12,7 6	14, 86
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1,35	1,11	2,18	1,34	1,3 2	2,15	2,73	2,3 0	2,9 5	2,6 6	2,3 0	2,5 6	2,11	1,36	2,9 1
MgO	0,04	0,03	0,03	0,04	0,0 5	0,32	0,12	0,0 9	0,1 5	0,0 4	0,1 2	0,0 6	0,03	0,04	0,1 0
CaO	0,06	0,55	0,06	0,87	0,1 8	1,31	0,65	0,6 9	0,8 2	0,4 9	0,5 9	0,5 0	0,02	1,35	0,2 2
Na <sub>2</sub> O	3,60	4,19	1,22	3,59	3,1 9	3,38	4,10	4,0 9	4,2 3	3,6 9	3,9 3	4,0 3	4,70	2,71	4,7 7
K <sub>2</sub> O	5,07	4,40	5,88	4,49	4,8 3	4,21	5,20	5,0 0	5,3 2	5,3 9	5,0 8	5,2 8	4,70	4,37	4,8 4
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,01	<0,0 1	0,01	<0, 01	<0, 01	0,07	0,02	0,0 3	<0, 01	<0, 01	<0, 01	<0, 01	0,01	<0,0 1	<0, 01
MnO	0,03	0,11	0,05	0,03	0,0 1	0,05	0,08	0,0 2	0,0 6	0,1 2	0,0 5	0,0 6	0,02	0,10	0,0 7
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	<0,0 02	<0,0 02	<0,0 02	0,00 4	0,0 05	<0,0 02	<0,0 02	0,0 05	0,0 07	0,0 02	0,0 08	0,0 02	<0,0 02	<0,0 02	0,0 04
P.F.	0,8	0,7	1,8	1,2	0,6	2,5	0,5	1,0	0,5	0,4	0,6	0,4	0,3	2,1	1,4
Total	99,9 7	99,9 5	99,9 2	100, 00	99, 98	99,6 4	99,8 5	99, 87	99, 82	99, 89	99, 86	99, 87	99,9 3	99,9 1	99, 68
Cu	9,1	23,9	278, 6	3,2	5,5	3,9	6,7	2,6	3,2	6,2	2,8	3,8	3,7	128, 7	2,0
Ni	1,5	1,0	0,9	0,6	1,3	1,9	1,2	1,4	1,2	0,7	1,2	0,7	1,6	1,1	0,6
Sc	5	3	2	1	<1	3	3	2	3	<1	1	1	<1	2	4
Ba	158	88	231	197	254	236 1	342	409	422	65	422	169	474	480	204 0
Co	1,0	0,7	3,8	0,7	1,7	2,8	0,7	1,2	1,7	0,5	2,2	0,7	0,8	<0,2	0,7
Cs	2,3	1,0	1,6	1,0	0,9	1,3	2,6	0,7	3,6	5,2	0,9	1,9	0,3	0,9	1,4
Ga	25,8	22,0	28,1	15,5	13, 0	16,4	21,8	22, 3	22, 8	20, 1	19, 8	22, 9	15,2	18,9	22, 3
Hf	4,7	5,5	5,9	3,3	5,4	5,1	12,3	11, 5	15, 3	10, 0	10, 9	11, 1	6,1	5,8	12, 0
Nb	72,3	113, 7	85,1	3,7	6,3	20,1	40,6	30, 0	36, 5	26, 8	29, 4	34, 9	14,8	85,3	29, 8
Rb	251, 2	183, 9	269, 4	87,6	108 ,5	84,5	116, 8	99, 4	123 ,9	101 ,5	106 ,2	121 ,4	69,8	116, 7	74, 4
Sn	19	5	32	<1	<1	1	4	6	3	3	4	4	5	8	3
Sr	26,7	22,2	41,4	27,6	25, 1	330, 4	43,7	95, 8	44, 4	9,7	68, 3	22, 5	32,6	95,5	33, 8
Ta	11,2	7,3	7,4	0,2	0,2	1,2	2,1	1,6	1,8	1,1	1,6	1,5	1,3	6,7	1,7
Th	17,3	25,9	16,0	9,3	17, 8	12,3	14,3	12, 0	14, 8	11, 9	11, 1	12, 0	12,3	20,3	10, 3
U	2,1	7,5	4,7	1,3	1,8	1,5	2,7	2,8	2,7	1,7	2,2	2,3	1,1	6,5	1,6

**Tabela 1** – Análise química das rochas graníticas e vulcânicas ácidas da Bacia do Itajaí. Elementos maiores em (% em peso) e elementos traço em (ppm).



AMOS TRA	MG -108 B	JT- 101 2	JT- 105 6 C	MG -118	CI- 504	JT- 105 1 E	JT- 103 2c	JT- 1034 a	JT- 103 5	JT- 103 6	MG -27	MG - 28b	JT- 1001 b	JT- 101 5-d	JT- 1038 a
V	<8	<8	<8	<8	<8	14	<8	9	12	<8	<8	<8	<8	<8	<8
W	6,2	3,6	34,5	0,5	<0,5	1,6	2,2	0,6	1,7	1,5	1,5	0,7	1,3	3,5	0,9
Zr	52,9	92,2	84,3	88,3	134, 6	180, 1	460, 3	344, 4	514, 2	389, 1	380, 8	402, 7	162, 6	87,7	387, 1
Y	43,4	71,4	31,8	8,2	11,8	17,6	58,6	52,2	64,4	47,9	50,7	61,9	15,9	41,1	48,9
La	4,8	10,2	3,9	18,6	5,2	79,6	121, 5	103, 7	144, 2	118, 3	109, 5	110, 7	72,8	3,9	171, 3
Ce	11,7	27,3	9,4	38,7	15,0	145, 7	234, 2	197, 0	279, 6	233, 9	209, 0	222, 3	113, 3	10,8	304, 5
Pr	1,49	3,46	1,46	4,73	2,34	14,0 4	27,2 4	22,6 5	32,7 5	27,7 9	24,1 7	25,9 3	12,0 8	1,91	32,5 0
Nd	5,4	14,4	6,4	18,9	10,4	44,7	101, 3	77,9	119, 5	100, 7	84,0	92,3	37,3	3,91	104, 7
Sm	2,04	5,64	2,47	3,15	2,60	6,20	16,0 7	12,5 0	17,9 0	16,1 7	13,3 1	15,4 5	4,74	3,91	13,3 9
Eu	0,11	0,25	0,13	0,61	0,26	1,21	0,55	0,53	0,75	0,33	0,59	0,36	0,87	0,10	1,66
Gd	3,05	7,61	3,52	2,31	2,35	3,68	13,0 9	9,82	14,0 4	12,2 9	10,5 5	13,2 4	3,28	4,62	9,62
Tb	0,81	1,72	0,84	0,31	0,41	0,65	20,5	1,68	2,19	1,82	1,69	2,01	0,49	1,00	1,49
Dy	5,07	10,3 0	5,29	1,72	2,47	2,92	11,2 9	9,43	11,8 0	9,68	9,35	11,6 1	2,56	6,49	8,25
Ho	1,19	2,40	1,24	0,30	0,46	0,55	2,27	1,90	2,33	1,81	1,85	2,26	0,51	1,32	1,68
Er	3,89	7,51	4,04	0,77	1,16	1,56	6,62	4,97	6,43	4,80	5,25	6,37	1,61	4,43	4,61
Tm	0,67	1,22	0,66	0,13	0,16	0,23	0,99	0,79	1,07	0,81	0,81	0,96	0,24	0,74	0,76
Yb	4,86	8,04	4,51	0,92	1,07	1,55	6,38	5,51	6,67	5,06	5,03	6,13	1,81	5,23	4,79
Lu	0,76	1,22	0,67	0,15	0,15	0,23	0,94	0,81	1,00	0,81	0,78	0,91	0,26	0,77	0,73
Be	4	3	4	<1	1	3	4	3	4	3	3	5	<1	1	3
Mo	1,3	0,8	2,9	0,3	0,4	0,5	1,9	1,1	2,4	1,5	2,1	2,2	1,0	1,0	1,7
Pb	9,6	17,9	7,1	5,5	2,3	34,4	17,6	6,8	15,6	17,2	13,7	14,8	6,3	110, 3	16,5 3
Zn	6	7	4	24	6	138	70	25	40	85	35	54	5	86	56
As	1,8	<0,5	<0, 5	<0, 5	<0,5	0,7	2,2	<0,5	1,2	1,5	0,6	0,8	2,4	0,7	0,5
Cd	<0,1	<0,1	<0, 1	<0, 1	<0,1	2,2	0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0,1	<0,1	1,2	<0,1
Sb	<0,1	<0,1	<0, 1	<0, 1	<0,1	<0,1	<0,1	0,1	<0,1	0,2	<0,1	<0,1	0,3	<0,1	<0,1
Bi	0,4	0,1	2,4	<0, 1	<0,1	<0,1	<0,1	0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	2,9	<0,1
Ag	<0,1	<0,1	0,4	<0, 1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	2,9	<0,1
Ti	<0,1	<0,1	0,1	<0, 1	<0,1	0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Au	1,3	1,7	<0, 5	<0, 5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	1,2	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Hg	<0,0 1	<0,0 1	<0, 01	<0, 01	<0,0 1	<0,0 1	<0,0 1	<0,0 1	<0,0 1	<0,0 1	<0,0 1	<0,0 1	<0,0 1	<0,0 1	<0,0 1
Se	<0,5	<0,5	0,1	<0, 1	<0,1	0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,5

**Tabela 2** – Análise química das rochas vulcânicas ácidas da Bacia do Itajaí. Elementos-traço em (ppm).

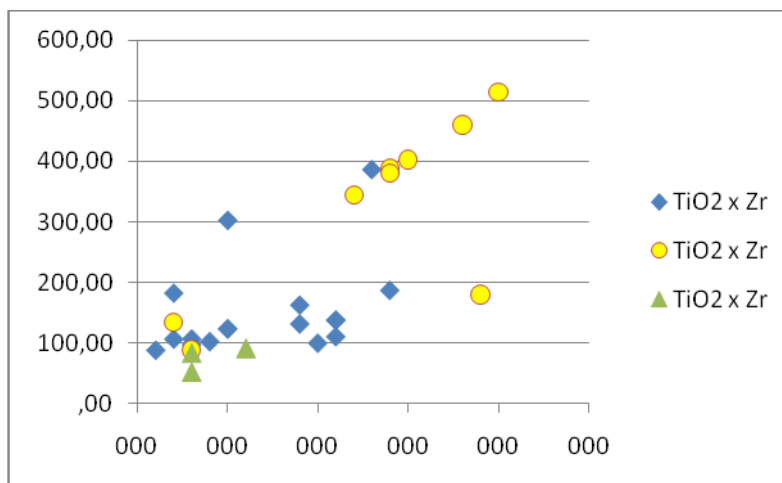
AMOSTRA	JT-1040	M G-42d	M G-127	M G-128	M G-129	M G-130	MG -131	MG -135	MG -136	MG -142	JT-1052	JT-1053 b	JT-1055 a	JT-1037
SiO <sub>2</sub>	75,59	75,44	76,44	76,39	74,17	76,28	74,75	75,98	75,76	75,95	75,37	75,72	76,25	75,08
TiO <sub>2</sub>	0,02	0,03	0,11	0,02	0,05	0,05	0,04	0,10	0,11	0,14	0,03	0,11	0,09	0,05
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	12,96	12,81	13,01	12,60	14,23	13,18	13,45	12,68	12,69	13,28	13,25	12,69	12,98	13,45
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1,72	1,49	1,02	1,90	1,90	1,06	1,40	1,61	1,23	1,93	1,39	1,51	1,96	1,54
MgO	0,03	0,04	0,18	0,06	0,09	0,10	0,05	0,10	0,08	0,35	0,05	0,13	0,46	0,12
CaO	0,63	0,26	0,09	0,03	0,11	0,10	0,02	0,10	0,08	0,45	0,15	0,49	0,08	0,36
Na <sub>2</sub> O	4,11	3,56	4,06	3,25	3,62	3,44	4,27	3,57	3,57	4,55	4,03	3,50	0,14	4,09
K <sub>2</sub> O	3,42	5,32	3,92	4,64	4,77	4,97	4,35	4,62	5,00	1,78	4,49	4,72	5,94	4,46
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,01	0,03	0,01	0,03	0,01	0,03	0,03	0,01
MnO	0,06	0,03	<0,01	0,06	0,02	0,02	0,01	0,05	0,04	0,04	0,02	0,04	0,01	0,04
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	<0,002	0,012	0,004	0,003	0,003	0,003	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002
P.F.	1,4	1,0	1,1	1,0	1,0	0,8	1,6	1,1	1,4	1,4	1,2	1,0	2,0	0,7
Total	99,94	100,0	99,94	99,93	99,91	99,97	99,95	99,94	99,93	99,90	99,97	99,91	99,90	99,91
Cu	2,2	4,4	3,6	3,0	3,2	2,7	2,8	4,3	4,3	5,5	3,2	4,5	12,1	3,3
Ni	0,8	0,8	1,5	1,2	0,4	0,9	1,2	1,8	1,5	4,9	0,9	2,3	2,4	1,2
Sc	<1	2	<1	<1	<1	<1	2	1	2	4	2	2	2	<1
Ba	261	105	519	368	334	303	357	442	310	278	155	542	628	659
Co	0,3	1,9	1,5	0,5	0,4	0,8	0,3	0,8	1,0	2,3	0,4	1,4	3,0	0,8
Cs	2,5	0,7	0,5	1,0	0,9	0,7	1,5	1,1	1,0	3,9	0,9	0,8	1,4	0,9
Ga	21,0	17,2	12,1	19,1	23,7	15,6	20,2	16,3	16,4	19,3	19,7	16,9	21,3	17,6
Hf	5,4	5,1	4,5	6,9	11,1	5,1	5,7	4,1	5,3	7,7	5,2	4,6	6,3	5,8
Nb	55,5	22,6	10,3	33,6	45,1	15,9	31,3	23,1	18,9	21,8	35,1	23,4	33,8	14,1
Rb	97,5	109,3	64,8	103,0	93,4	101,9	110,3	107,4	95,7	90,9	125,7	99,8	204,6	89,0
Sn	4	3	2	5	9	4	4	2	2	6	4	2	22	3
Sr	57,7	37,6	50,5	21,7	41,2	25,7	61,6	69,5	40,0	191,9	15,6	77,8	27,9	58,2
Ta	2,9	1,5	0,9	1,8	2,2	1,1	2,1	1,7	1,4	2,2	2,4	1,8	2,1	1,3
Th	11,9	12,6	10,6	10,6	10,7	11,3	9,9	11,8	15,1	31,9	12,7	12,3	9,3	12,1
U	0,7	1,7	1,1	1,2	1,9	1,7	2,7	2,2	1,8	8,5	2,4	2,2	2,2	1,9

**Tabela 3** – Análise química das rochas vulcânicas ácidas da Bacia do Itajaí. Elementos maiores em (% em peso) e elementos-traço em (ppm).

AMOSTRA	JT-1040	MG-42d	MG-127	MG-128	MG-129	MG-130	MG-131	MG-135	MG-136	MG-142	JT-1052	JT-1053b	JT-1055a	JT-1037
V	<8	<8	9	<8	<8	<8	<8	<8	<8	15	<8	<8	<8	<8
W	1,8	0,9	<0,5	0,8	0,7	1,0	0,9	0,6	<0,5	1,0	<0,5	<0,5	11,9	1,7
Zr	106,1	106,4	137,5	182,3	303,0	123,0	101,8	99,4	137,5	187,0	96,8	110,2	131,3	123,0
Y	25,8	35,4	13,0	43,4	57,3	22,9	41,0	23,4	30,2	49,0	40,7	32,6	45,5	21,2
La	17,7	22,9	59,9	14,4	58,0	56,6	5,7	13,7	61,2	37,6	17,6	31,9	21,1	46,0
Ce	40,5	41,7	96,1	62,3	84,5	76,8	15,9	49,2	125,5	86,1	16,7	52,7	28,7	78,2
Pr	5,56	6,69	9,48	4,48	15,71	10,47	1,96	3,54	13,10	9,84	4,81	7,50	6,16	8,34
Nd	20,0	26,4	28,2	18,3	62,1	37,3	8,4	12,6	44,1	37,4	19,6	27,6	23,3	26,2
Sm	5,05	5,91	3,39	4,26	10,74	5,72	2,83	2,77	7,53	8,10	4,67	5,63	5,29	4,16
Eu	0,17	0,31	0,60	0,25	0,48	0,72	0,30	0,37	0,53	0,22	0,38	0,78	0,63	0,63
Gd	4,65	5,77	2,36	4,47	8,96	4,63	4,11	2,69	5,14	7,69	5,30	4,90	5,65	3,50
Tb	0,82	0,97	0,37	1,04	1,61	0,72	1,05	0,57	0,98	1,43	1,06	0,87	1,20	0,61
Dy	4,12	6,23	2,07	6,95	9,88	4,39	6,41	3,54	4,84	8,02	6,11	4,71	6,80	3,37
Ho	0,80	1,19	0,42	1,43	1,98	0,77	1,40	0,77	0,99	1,66	1,35	1,02	1,50	0,69
Er	2,15	3,47	1,22	4,24	5,66	2,13	4,16	2,44	3,08	4,75	4,09	2,95	4,41	2,10
Tm	0,36	0,55	0,21	0,68	0,94	0,34	0,65	0,40	0,49	0,76	0,61	0,47	0,65	0,38
Yb	2,08	3,45	1,42	4,40	5,88	2,25	4,14	2,74	3,16	5,01	4,08	3,14	4,32	2,32
Lu	0,30	0,51	0,23	0,60	0,88	0,33	0,61	0,43	0,47	0,75	0,61	0,47	0,62	0,37
Be	6	2	<1	4	6	4	<1	3	1	3	6	4	4	4
Mo	0,6	0,6	0,3	0,7	0,9	0,6	0,4	0,6	1,5	0,5	0,5	1,1	4,7	3,1
Pb	13,2	16,2	4,6	19,3	11,7	4,3	2,0	10,8	17,5	2,4	14,6	21,6	9,9	9,0
Zn	12	20	6	22	50	9	13	18	37	17	32	27	7	16
As	8,3	2,2	<0,5	0,6	0,6	<0,5	0,7	1,0	1,1	3,3	<0,5	1,0	1,7	<0,5
Cd	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0,1	<0,1	<0,1	0,2	<0,1	<0,1
Sb	0,1	0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Bi	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0,5	<0,1	<0,1	<0,1	0,1	0,2	<0,1	<0,1	0,9	<0,1
Ag	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0,5	<0,1
Ti	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0,1	<0,1
Au	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	1,4	1,3	0,7	0,8	0,9	<0,5	0,5	<0,5
Hg	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Se	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5

**Tabela 4** – Análise química das rochas vulcânicas ácidas da Bacia do Itajaí. Elemento-traço em (ppm).



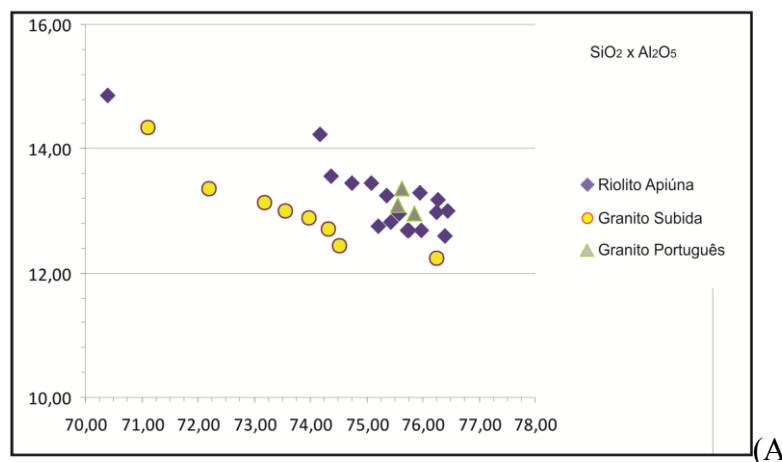


**Figura 14** - Diagrama binário do tipo Harker com valores de  $TiO_2$  versus Zr. Legenda: triângulo = Granito Português; losângulo = Riolitos Apiúna; círculo = Granito Subida.

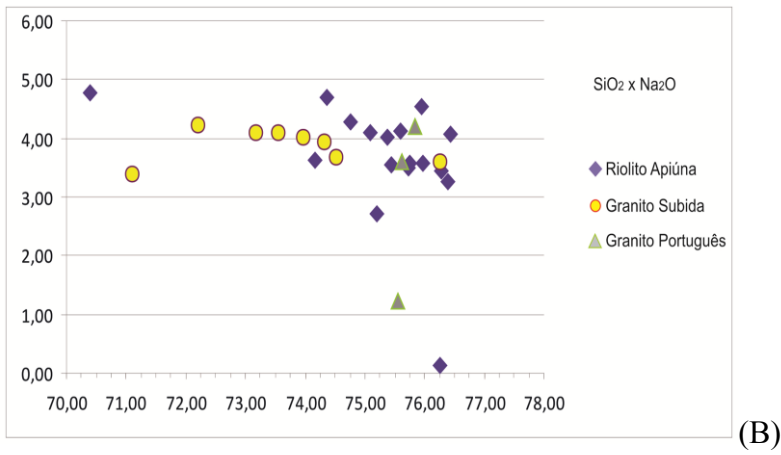
No diagrama binário  $TiO_2$  versus Zr (Fig.14) verifica-se que a maioria das amostras do grupo baixo Zr apresenta teores de  $TiO_2$  mais baixos em relação à associação de rochas alto Zr. Uma correlação inversa a esta pode ser observada no diagrama  $SiO_2$  versus Zr (Fig.13), onde os termos mais diferenciados são mais empobrecidos em Zr.

No diagrama  $SiO_2$  versus  $Al_2O_3$  (Fig.14A) verifica-se o comportamento disperso do  $Al_2O_3$ , não sendo possível a individualização dos termos alto e baixo Zr. O conteúdo de  $Al_2O_3$  varia de 12,23 até 14,86%.

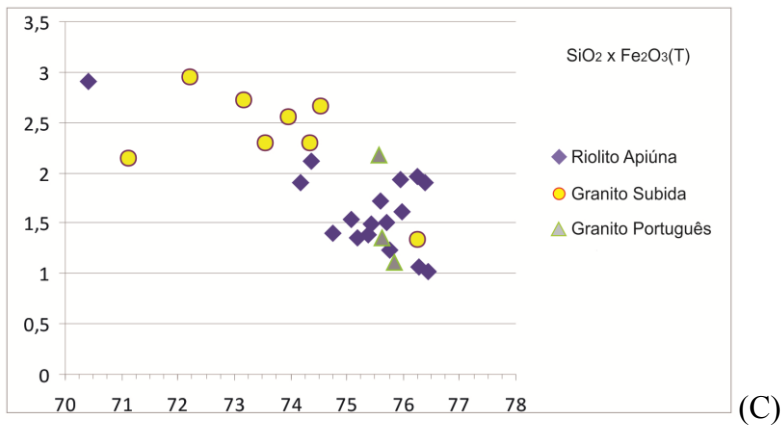
O  $Na_2O$  varia entre 2,71 a 4,77%, com exceção das amostras JT-1055a e JT-1056c, que possuem teores de 0,14 e 1,22%, respectivamente. No diagrama binário  $Na_2O$  versus  $SiO_2$  (Fig.14B) o  $Na_2O$  apresenta um padrão disperso, impossibilitando a distinção das associações alto e baixo Zr.



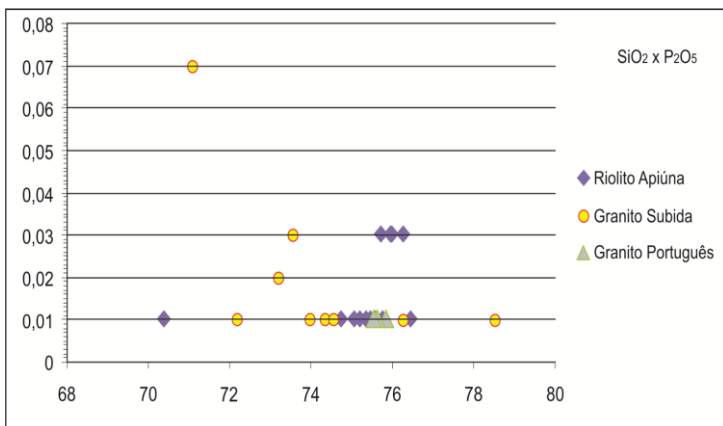
(A)



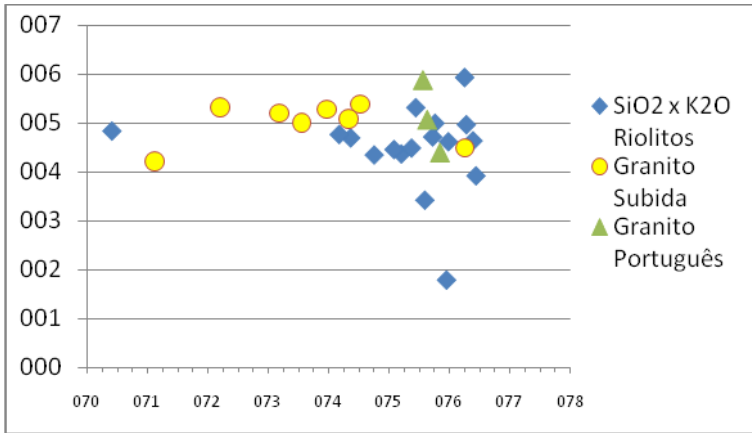
(B)



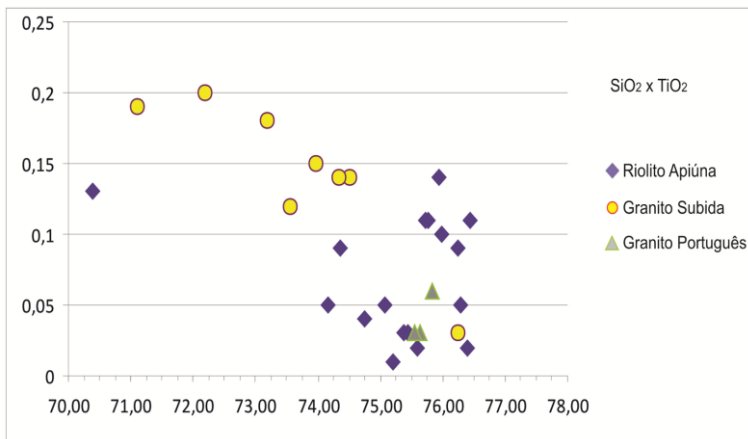
(C)



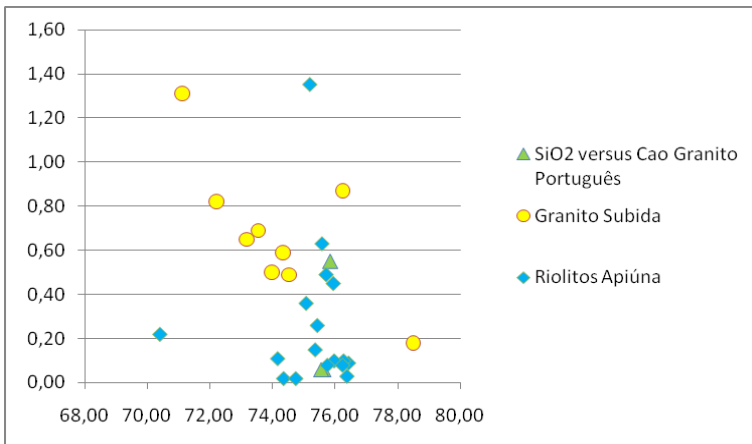
(D)



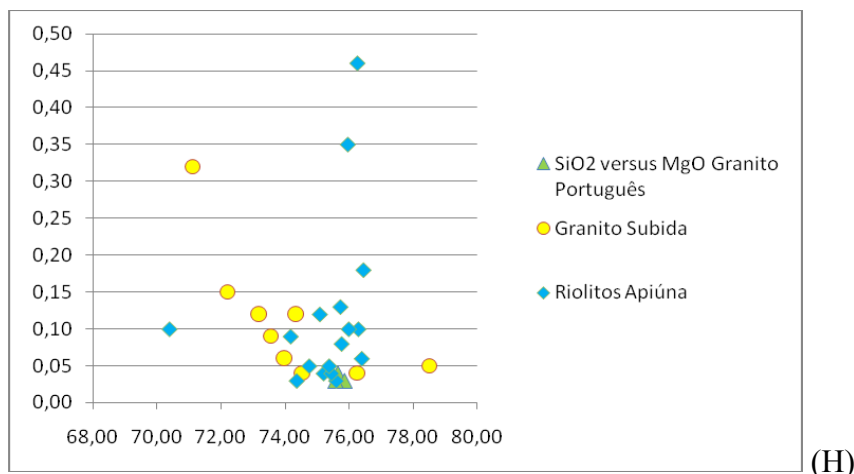
(E)



(F)



(G)



**Figura 15** - Diagramas do tipo Harker com valores de  $\text{SiO}_2$  versus elementos maiores para o magmatismo ácido da Bacia do Itajaí. Óxidos em porcentagem por peso. Legenda: triângulo = Granito Português; losângulo = Riolitos Apiúna; círculo = Granito Subida.

No diagrama  $\text{SiO}_2$  versus  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  (Fig. 15C) verifica-se que a associação de rochas alto Zr apresenta teores mais elevados de  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  em relação aos termos baixo Zr, conforme definido neste trabalho. O conteúdo de  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  varia entre 1,02 e 2,95%.

O  $\text{P}_2\text{O}_5$  apresenta um comportamento disperso, conforme pode ser observado no diagrama de Harker (Fig. 15D), de modo que este elemento não individualiza as associações alto e baixo Zr. Os teores de  $\text{P}_2\text{O}_5$  variam de <0,01 até 0,03%, com exceção da amostra JT-1051e, que apresenta 0,07% deste elemento.

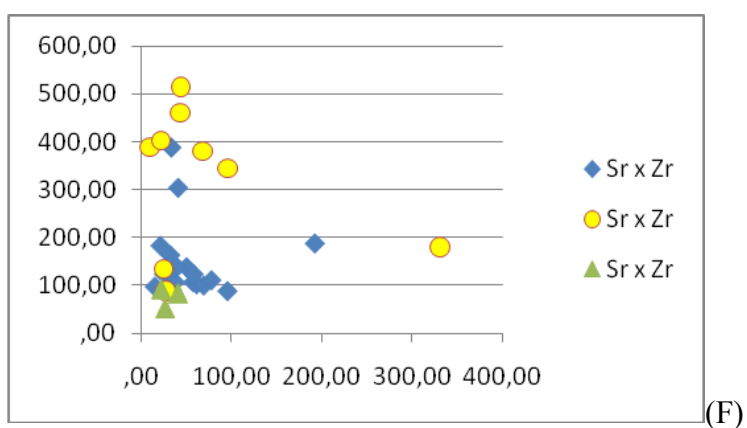
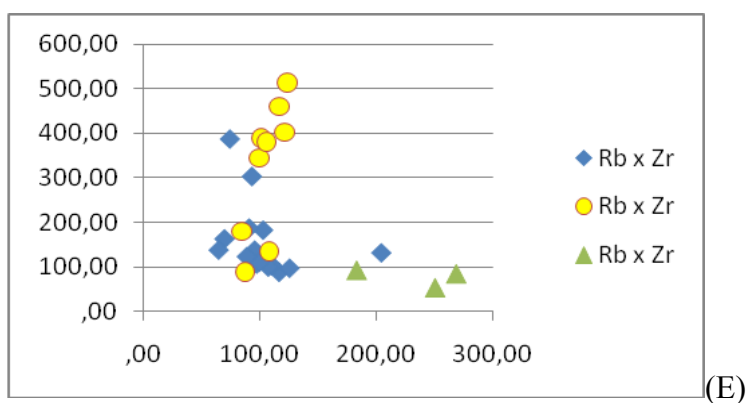
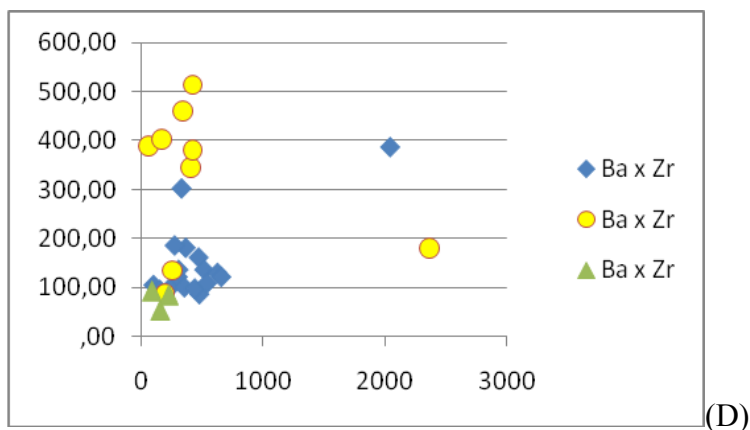
O conteúdo de  $\text{K}_2\text{O}$  varia entre 3,42 e 5,88%, com exceção da amostra MG-142d que apresenta 1,78% deste elemento. No diagrama de Harker (Fig. 15E) verifica-se o comportamento disperso do  $\text{K}_2\text{O}$ , de maneira que esta elemento não separa os grupos litológicos alto e baixo Zr.

No diagrama de Harker (Fig. 15F) verifica-se que o  $\text{TiO}_2$  individualiza os grupos alto e baixo Zr. Neste diagrama observa-se que ocorre uma tendência das litologias da associação baixo Zr apresentarem menores conteúdos de  $\text{TiO}_2$  em relação às rochas do grupo alto Zr. O conteúdo de  $\text{TiO}_2$  varia entre <0,01 e 0,19% nas rochas estudadas.

O teor de CaO das amostras estudadas varia entre 0,02 até 1,35%. No diagrama  $\text{SiO}_2$  versus CaO (Fig. 15G) podemos verificar que o conteúdo de CaO separa as associações baixo e alto Zr, de modo que observa-se que a maioria das rochas do grupo alto Zr apresenta teores mais elevados de CaO em relação às litologias do grupo baixo Zr.

No diagrama do tipo Harker (Fig. 15H) o comportamento do MgO é disperso, de modo que este elemento não possibilita a distinção dos grupos alto e baixo Zr. O





**Figura 16** -Diagramas do tipo Harker com valores de Zr *versus* elementos-traço para as rochas graníticas e vulcânicas ácidas da Bacia do Itajaí. Legenda: triângulo = Granito Português; losângulo = Riolitos Apiúna; círculo = Granito Subida.

No diagrama *Zr versus Y* (Fig.16A) verifica-se o comportamento disperso do Y, de modo que este elemento não individualiza os grupos alto e baixo Zr. O teor de Y varia entre 8,2 e 71,4 ppm.

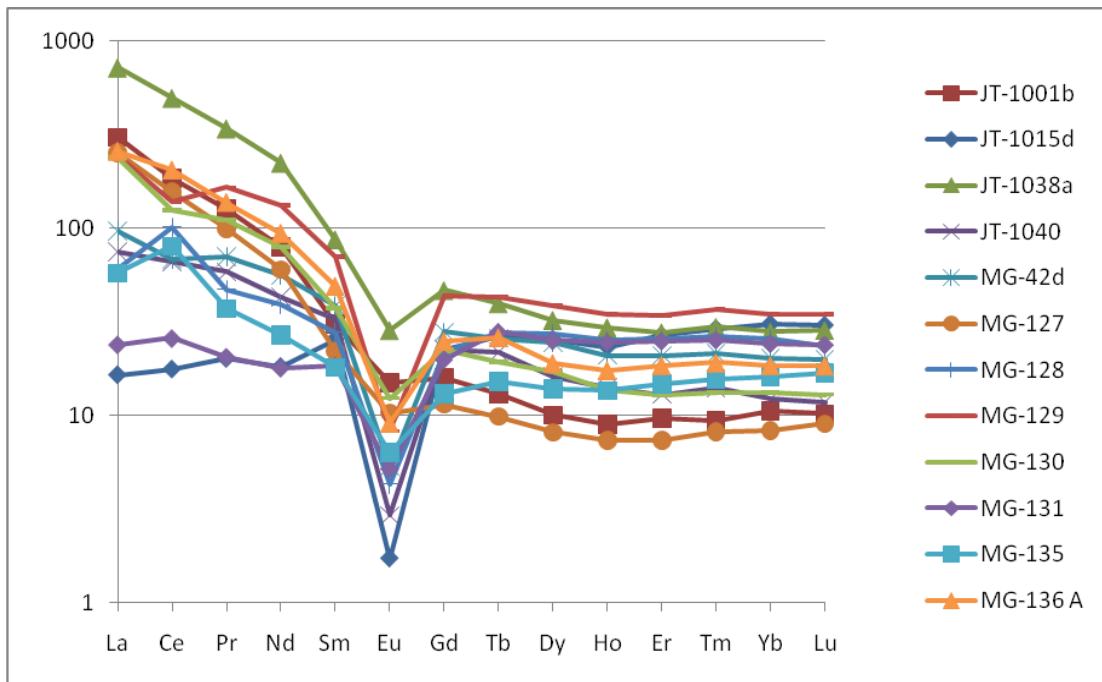
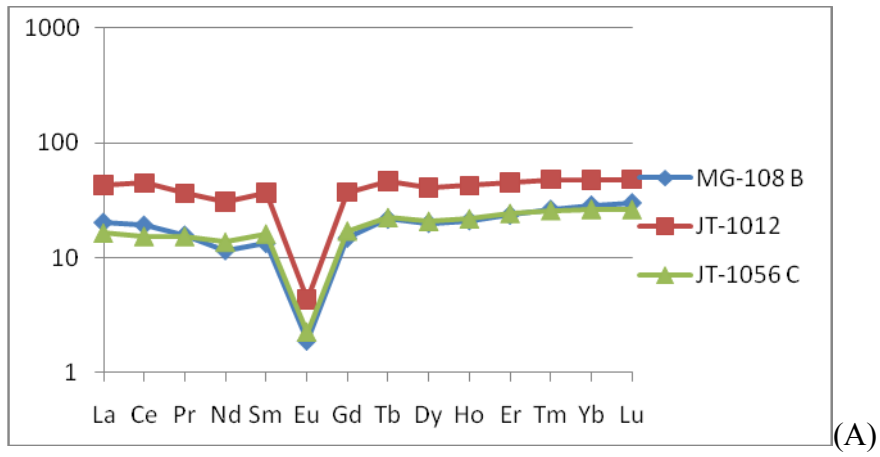
No diagrama *Zr versus Nb* (Fig.16B) verifica-se que o comportamento do Nb é disperso, de modo que este elemento não individualiza os grupos alto e baixo Zr. O conteúdo de Nb nas amostras estudadas varia entre 3,7 até 40,6 ppm, com exceção das amostras do Granito Português e da amostra JT-1015D referente a um dique riolítico, que possuem respectivamente 72,3, 113,7, 85,1 e 85,3 ppm de Nb.

No diagrama de Harker (Fig.16C) observa-se que o Hf individualiza muito bem os grupos alto e baixo Zr. Neste diagrama verifica-se que as litologias do grupo alto Zr possuem teores mais elevados de Hf em relação ao grupo baixo Zr. Os teores de Hf variam de 3,3 até 7,7 ppm no grupo baixo Zr, e de 10,0 até 15,3 ppm nas rochas do grupo alto Zr.

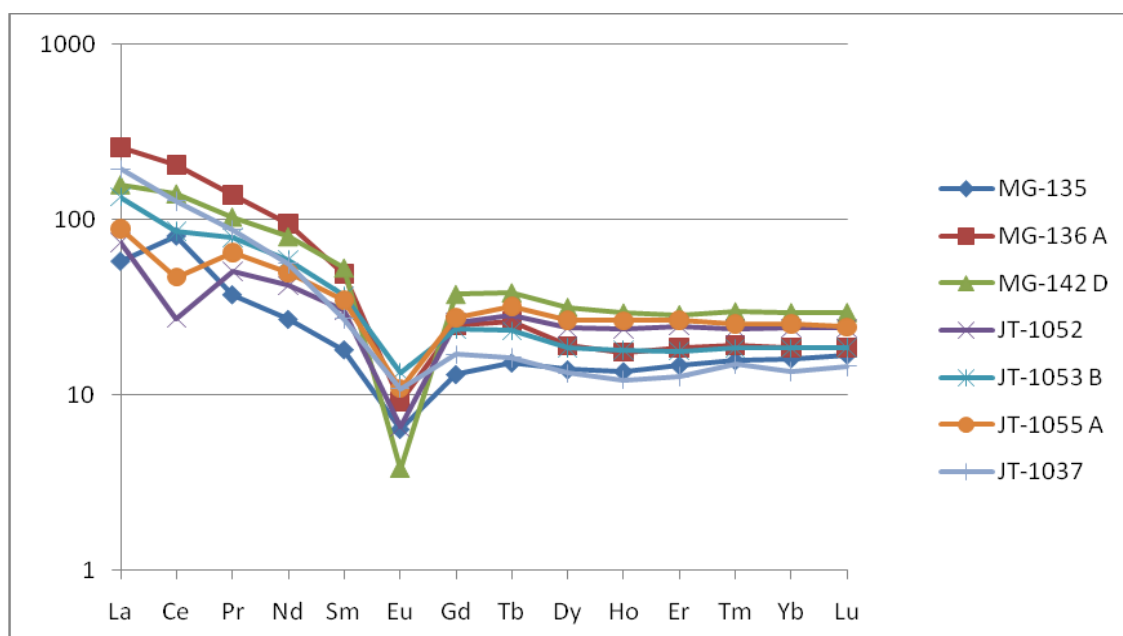
No diagrama de Harker com valores de Ba *versus Zr* (Fig.15D) verifica-se o comportamento disperso de Ba, de modo que este elemento não individualiza os grupos litológicos alto e baixo Zr. O conteúdo de Ba varia de 65 até 659 ppm nas rochas estudadas, com exceção de uma amostra do Granito Português e da amostra JT-1038A referente a um riolito, as quais possuem, respectivamente, 2361 e 2040 ppm de Ba.

No diagrama binário *Rb versus Zr* (Fig.15E) verifica-se o comportamento disperso do Rb, de modo que este elemento não individualiza os grupos litológicos alto e baixo Zr. O conteúdo de Rb varia de 69,8 até 125,7 ppm nas rochas estudadas, com exceção das amostras do Granito Português e da amostra JT-1055A referente a um riolito, os quais possuem, respectivamente 251,2, 183,9, 269,4 e 204,6 ppm de Rb.

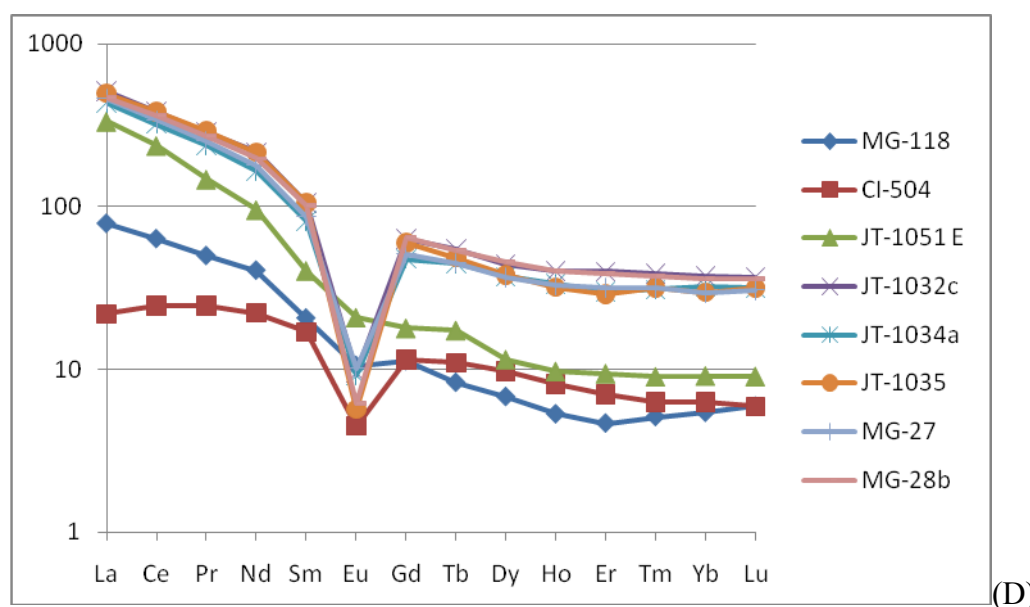
No diagrama *Sr versus Zr* (Fig.15F) verifica-se o comportamento disperso do Sr, de modo que este elemento não individualiza os grupos de rochas alto e baixo Zr. O conteúdo de Sr varia de 21,7 até 95,5 ppm nas rochas estudadas, com exceção das amostras JT-1051E e MG-142 referentes ao Granito Subida e a um riolito, as quais possuem 330,4 e 191,9 ppm de Rb, respectivamente.







(C)



(D)

**Figura17** - Teores de Elementos Terras Raras das rochas riolíticas e graníticas da Bacia do Itajaí normalizados pelo padrão condritico (Haskin *et al.* 1968). (A) Granito Português; (B) Riолitos Apiúna; (C) Riолitos Apiúna; (D) Granito Subida.

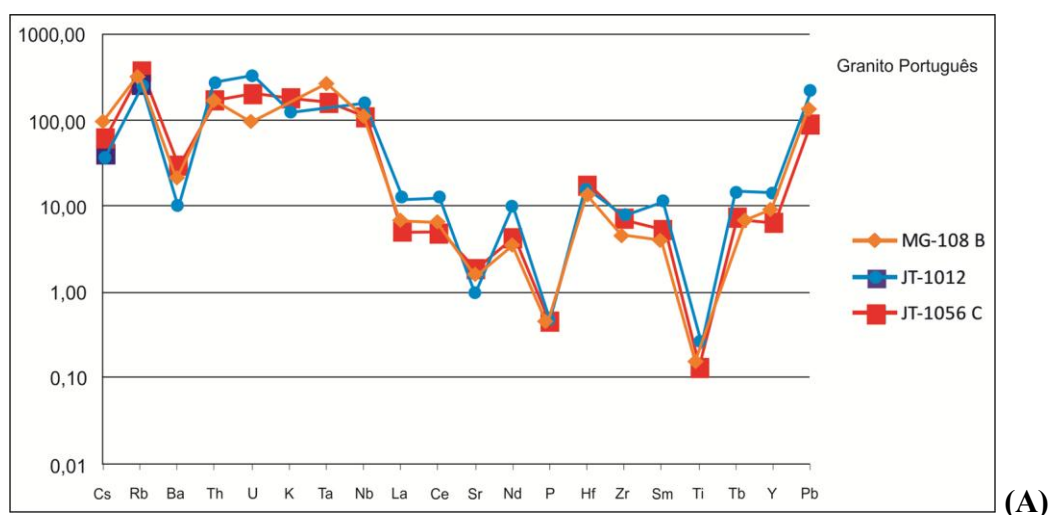
Os padrões dos ETR do Granito Português (Fig.17A) mostram fortes anomalias negativas de Eu, e um conteúdo similar a levemente enriquecido de ETR pesados em relação aos leves, configurando um padrão de distribuição dos elementos do tipo *flat*.

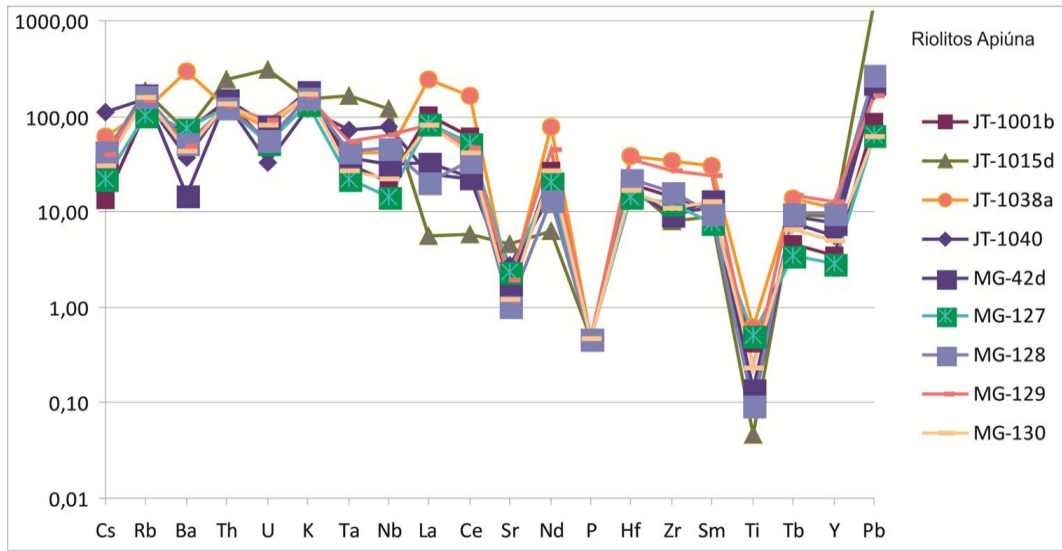
Os padrões de ETR dos riolitos (Fig.17B e Fig.17C) mostram enriquecimento dos ETR em relação ao condrito, fortes anomalias negativas de Eu e enriquecimento dos ETRL em relação aos ETRP, com exceção das amostras MG-131 e JT-1015, as quais apresentam conteúdos similares de ETRP e ETRL, tendendo para um maior enriquecimento em ETRP.

A verificação dos diagramas de Elementos Terras Raras (ETR) dos Riolitos Apiúna (Fig.17B) e do Granito Subida (Fig.17D) aponta o comportamento similar das amostras riolíticas JT-1038a e MG-129 com os amostras do Granito Subida, corroborando com as informações obtidas no diagrama  $\text{SiO}_2$  versus Zr (Fig.12), onde estas litologias posicionam-se no grupo alto Zr, e pertencem a Associação de Rochas Alto Zr.

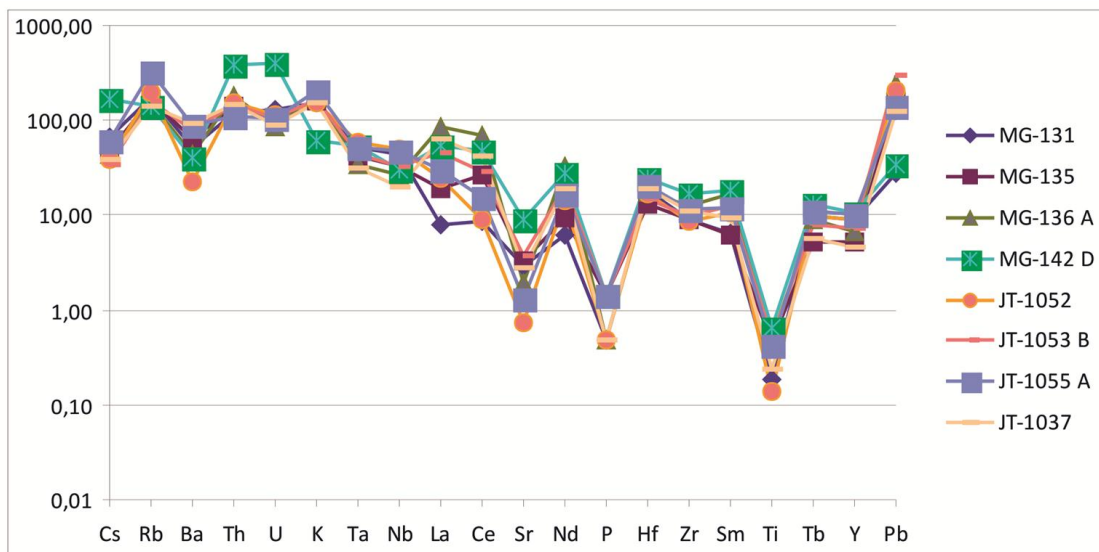
A análise do diagrama de Elementos Terras Raras (ETR) normalizados a valores condríticos para as amostras do Granito Subida permite verificar o comportamento distinto das amostras JT-1051e; CI-504; e MG-118 (Fig.17D) em relação às outras amostras do Granito Subida.

Os padrões de ETR das análises do Granito Subida mostram um enriquecimento dos ETRL em relação aos ETRP, enriquecimento dos ETR em relação ao condrito, e fortes anomalias negativas de Eu, com exceção das amostras MG-118 e JT-1051e, as quais não possuem essa anomalia negativa.

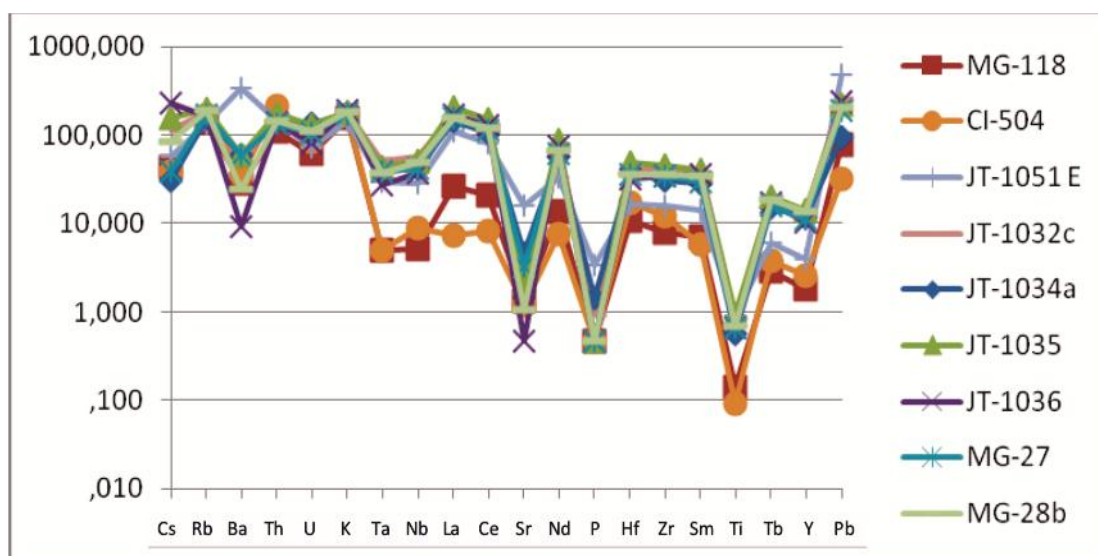




(B)



(C)



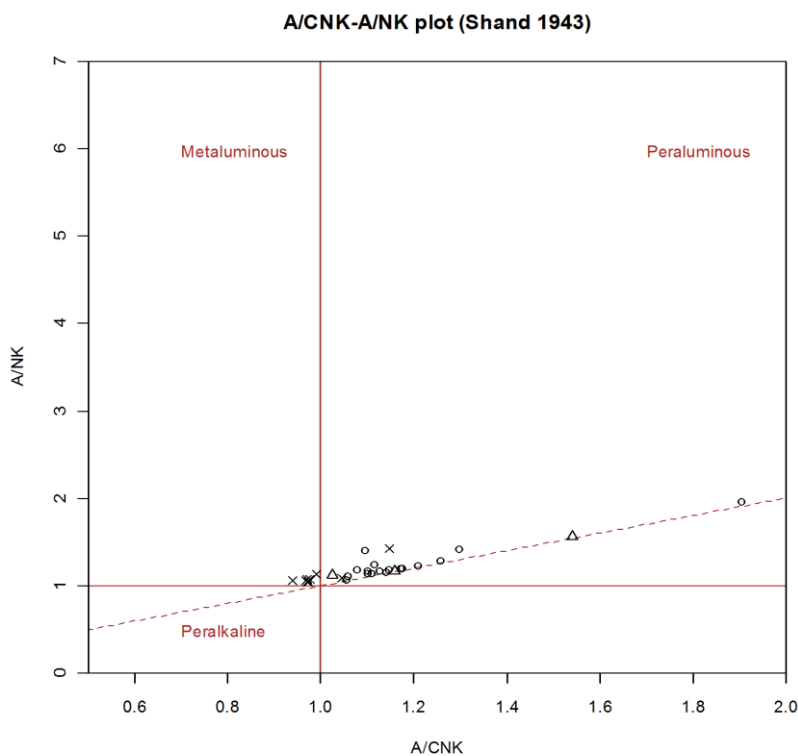
(D)

**Figura 18** - Diagramas Multielementares (*spidergrams*) normalizados a valores mantélicos (Thompson, 1982) para o magmatismo ácido da bacia do Itajaí. (A) Granito Português; (B) Riolitos Apiúna; (C) Riolitos Apiúna; (D) Granito Subida.

A distribuição dos elementos-traço normalizados a valores mantélicos (Fig. 18) mostra um padrão similar para as rochas graníticas e para as vulcânicas ácidas da Bacia do Itajaí. O padrão de distribuição dos elementos caracteriza-se por fortes anomalias negativas de Sr, P, Ti, Ba e Ta (Fig. 18). Esse modelo de distribuição dos elementos-traço pode refletir um magma gerado em condições de crosta litosférica, subcontinental.

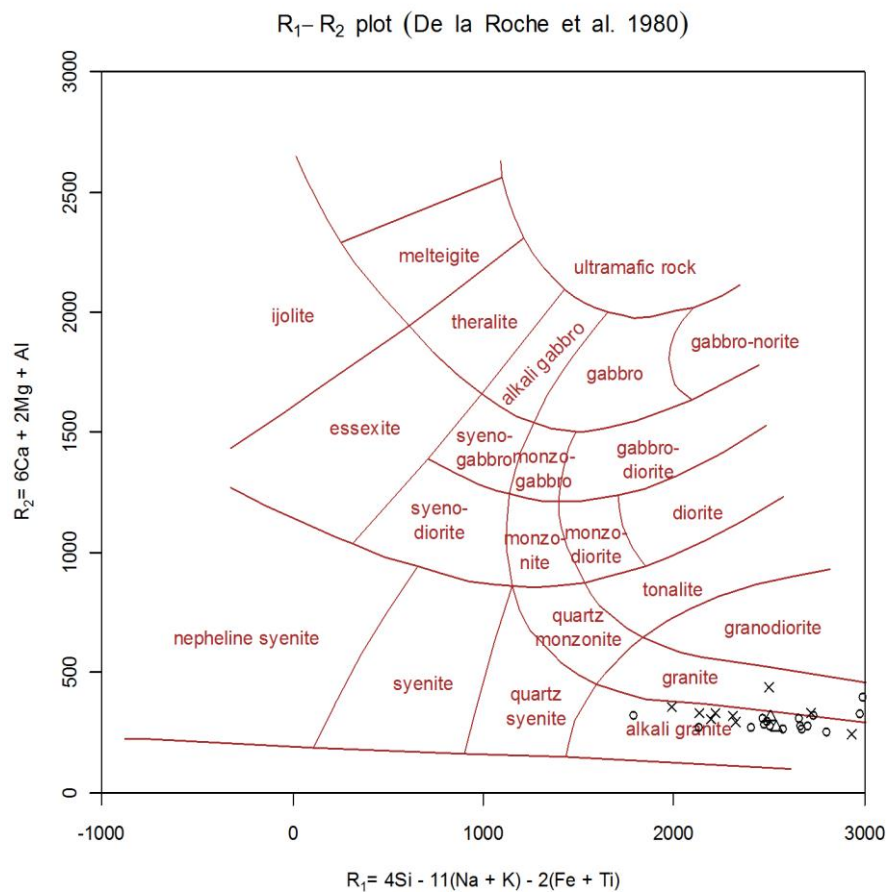
O conteúdo médio de Zr, o intervalo de valores de R1-R2 (Fig. 20), e os valores médios das razões Ga/Al, Y/Nb, Ce/Nb das rochas graníticas e vulcânicas ácidas da bacia são característicos de granitos alcalinos. Os conteúdos de elementos-traço, normalizados a valores condriticos (Thompson, 1982) apresentam forte enriquecimento em Rb, Th, K, La e Ce, aliados a anomalias negativas de Ba, Sr, P e Ti; modelos estes característicos de granitos tipo-A segundo Whalen *et al.* 1987.

No diagrama A/CNK – A/NK (Shand 1943; Maniar & Picolli, 1984) verifica-se que a maioria das rochas ocupa o campo peraluminoso, com exceção de algumas amostras do Granito Subida, que apresentam caráter metaluminoso (Fig. 19).



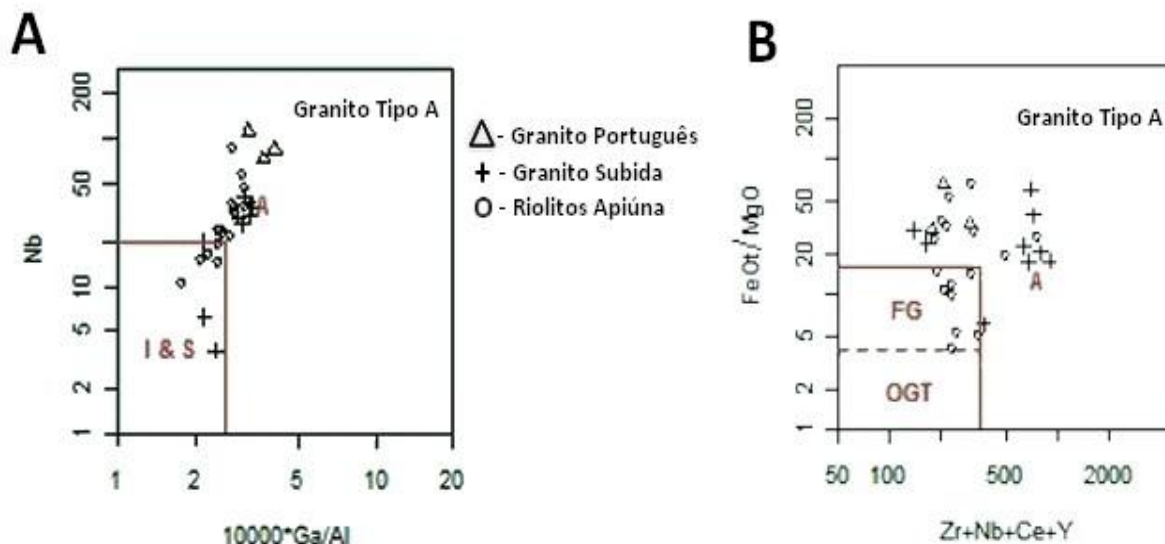
**Figura 19** - Diagrama A/NK *versus* A/CKN (Shand, 1943; Maniar&Picolli, 1984) com o posicionamento das rochas graníticas e vulcânicas ácidas da Bacia do Itajaí. Legenda: triângulo = Granito Português; x = Granito Subida; círculo = Riolitos Apiúna.

Mediante o estudo dos diagramas apresentados e a partir da análise das tabelas de dados litoquímicos verifica-se que o magmatismo ácido da Bacia do Itajaí caracteriza-se, de um modo geral, pelo enriquecimento em elementos litófilos de grande raio tais como K, Rb, ETRL, Th, U, Ta e Nb, além de apresentar altos valores de  $\text{SiO}_2$  ( $>70\%$ ), alta razão  $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$  ( $>1$ ), elevado conteúdo de álcalis ( $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O} > 8\%$ ), razão Fe/Mg elevada, e altas concentrações de elementos de carga elevada tais com Ga, Nb, Y e ETR, com exceção do Eu, que apresenta baixos valores. As rochas alto e baixo Zr que compreendem o magmatismo ácido da bacia são frequentemente depletadas em CaO ( $<1\%$ ), MgO,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , Sr e Ba. Todas essas características são típicas da assinatura geoquímica de granitóides tipo A (Whalen *et al.*, 1987; Eby 1990,1992).



**Figura 20** – Diagrama multicatiônico  $R_1$  versus  $R_2$  (de De La Roche *et al.*, 1980) para granitóides e rochas vulcânicas da Bacia do Itajaí. Legenda: triângulo = Granito Português; x = Granito Subida; círculo = Riolitos Apiúna.

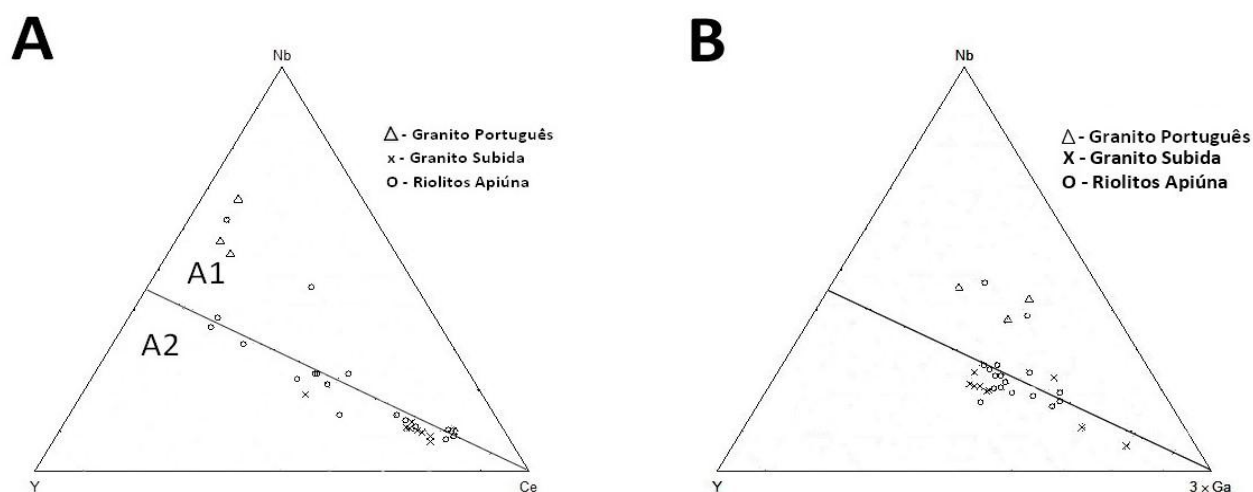
No diagrama multicatiônico  $R_1 - R_2$  (Fig. 20) de De La Roche *et al.* 1980 as amostras são plotadas no campo composicional dos granitos e álcali granitos.



**Figura 21** - Diagramas discriminantes para granitóides (Whalen *et al.* 1987) utilizados para caracterização do magmatismo ácido da Bacia do Itajaí. (A) Diagrama Nb versus  $10000 \cdot \text{Ga}/\text{Al}$ : identifica tipos A, I e S; (B) Diagrama  $\text{Fe}_\text{Ot}/\text{MgO}$  versus  $\text{Zr}+\text{Nb}+\text{Ce}+\text{Y}$ : identifica tipos A, FG (tipos I e S fracionados) e OGT (tipos I e S não fracionados/normais).

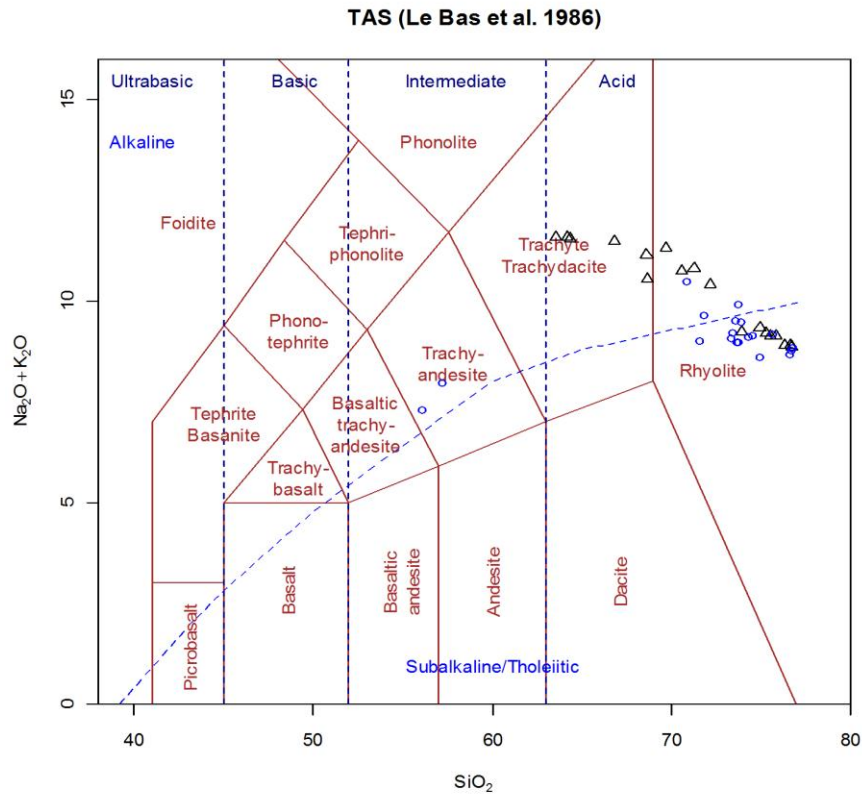
Em diagramas discriminantes para granitóides (Fig.21) de Whalen *et al.* (1987) a maioria das amostras estudadas plotam no campo dos granitos tipo A, característicos de ambiente intraplaca continental.



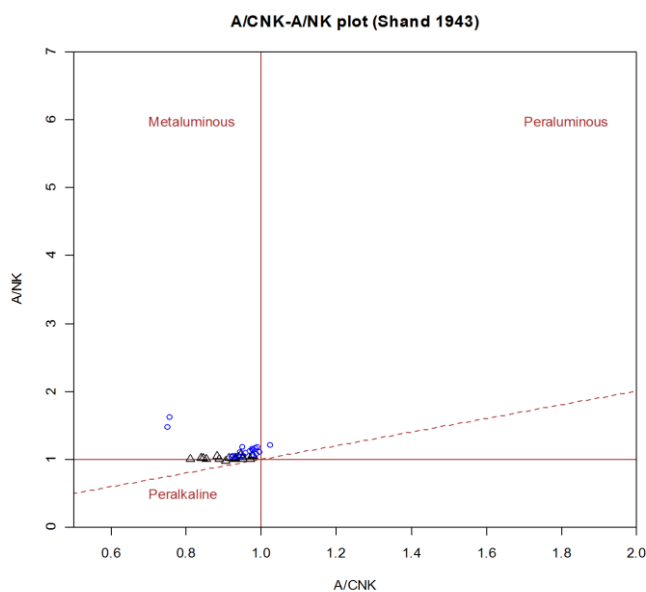


**Figura 22-** Diagramas discriminantes entre granitóides A1(mantélicos) e A2 (crustais), conforme Eby (1992), utilizados para a caracterização do magmatismo ácido da Bacia do Itajaí. (A) Diagrama Y - Nb - Ce; (B) Diagrama Y - Nb - 3\*Ga.

Nos diagramas discriminantes para identificação da fonte magmática (Fig.22) parte das amostras relacionadas ao magmatismo baixo Zr posiciona-se no campo relacionado a uma fonte com participação mantélica, porém a maioria das análises plotam no campo transicional entre fontes mantélicas e fontes crustais.



**Figura 23** - Rochas graníticas da Suíte Graciosa plotadas no diagrama de classificação TAS (Le Bas *et al.*, 1986). Óxidos em porcentagem por peso. Legenda: triângulo = associação alcalina; círculo = associação peraluminosa. Dados químicos retirados de Gualda & Vlach 2007.



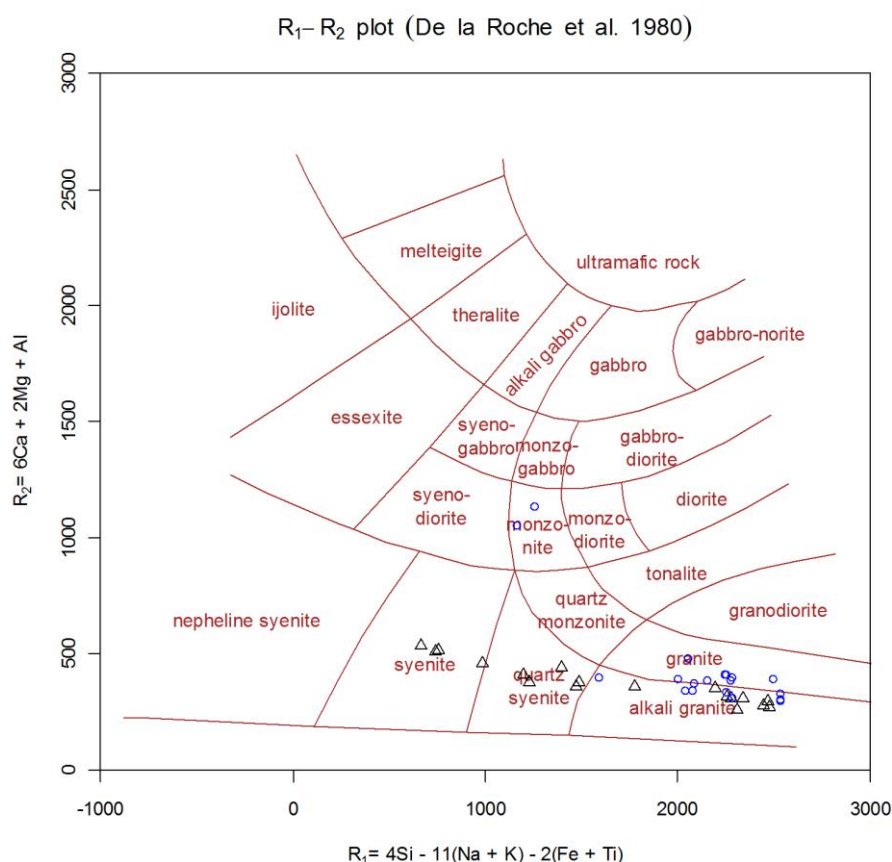
**Figura 24** - Diagrama A/NK versus A/CKN (Shand, 1943; Maniar & Picolli, 1984) com o posicionamento das rochas da (pertencentes a) Suíte Graciosa. Legenda: triângulo =

associação alcalina; círculo = associação peraluminosa. Dados químicos retirados de Gualda & Vlach 2007.

A Suíte Graciosa é uma extensa província constituída por granitóides tipo-A que ocorre no sul do Brasil (Gualda & Vlach 2007), originalmente designada Suíte Serra do Mar (Kaul 1984). Plotamos os dados litoquímicos da Suíte Graciosa (Gualda & Vlach 2007) em distintos diagramas discriminantes e de classificação química para fins de comparação com o magmatismo ácido da Bacia do Itajaí.

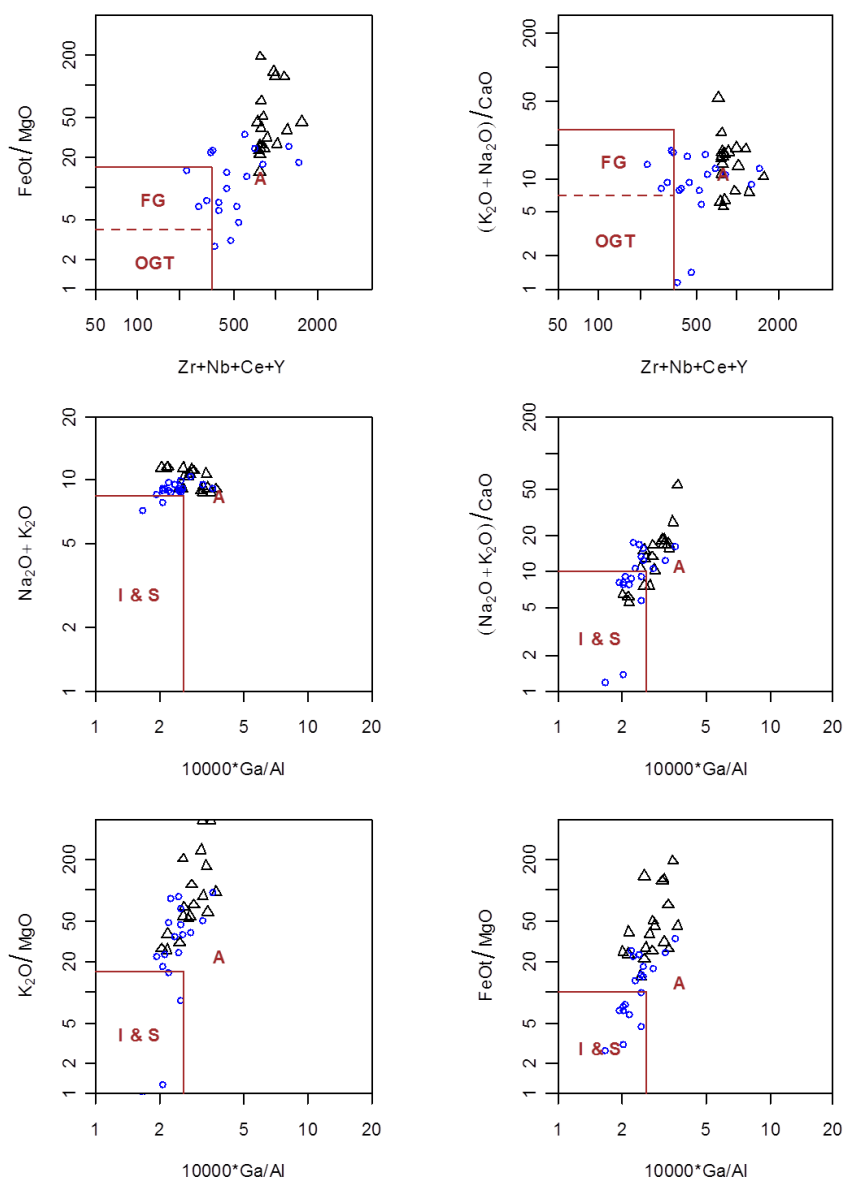
O posicionamento do magmatismo da Suíte Graciosa ocorreu entre 550 e 490Ma.

No diagrama TAS (Fig.23) verifica-se que as rochas da Suíte Graciosa correspondem a granitos, sienogranitos e monzonitos, posicionado-se no campo das séries alcalina a levemente subalcalina. No diagrama A/CNK – A/NK (Shand 1943; Maniar&Picolli, 1984) verifica-se que a maioria das rochas da Suíte Graciosa ocupa o campo metaluminoso, com exceção de uma amostra que apresenta caráter peraluminoso (Fig.24).



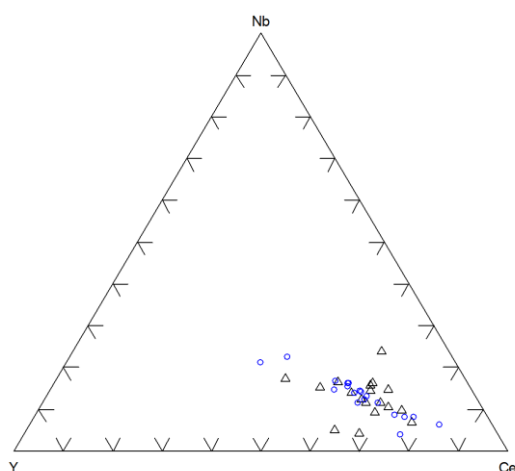
**Figura 25** - Diagrama multicatiônico R1 versus R2 (de De La Roche *et al.*, 1980) para granitóides da Suíte Graciosa. Legenda: triângulo = associação alcalina; círculo = associação peraluminosa. Dados químicos retirados de Gualda & Vlach 2007.

Verifica-se que no diagrama R1 - R2 (Fig.25) as rochas da Suíte Graciosa plotam no campo dos granitos, álcali granitos, quartzo sienitos, sienitos e monzonitos.



**Figura 26** - Diagramas discriminantes para granitóides (Whalen *et al.* 1987) utilizados para caracterização do magmatismo da Suíte Graciosa. Legenda: triângulo = associação alcalina; círculo = associação peraluminosa. Dados químicos retirados de Gualda & Vlach 2007.

Da mesma forma que ocorre com as rochas graníticas e vulcânicas ácidas da Bacia do Itajaí estudadas neste trabalho, verificamos a partir de diagramas discriminantes para granitóides (Fig.26) que a maioria das rochas da Suíte Graciosa posiciona-se no campo dos granitos tipo A, característicos de ambiente intraplaca continental.



**Figura 27-** Diagrama discriminante entre granitóides A1(mantélicos) e A2 (crustais), conforme Eby (1992), utilizado para a caracterização da Suíte Graciosa. Legenda: triângulo = associação alcalina; círculo = associação peraluminosa. Dados químicos retirados de Gualda & Vlach 2007.

No diagrama discriminante para identificação da fonte magmática (Fig.27) verificamos que as litologias da Suíte Graciosa apresentam um comportamento em termos de conteúdos de Y/ Nb/ Ce similar às rochas estudadas neste trabalho, com padrão de distribuição das amostras do tipo transicional, onde ocorrem rochas com fontes crustais e rochas com fontesmantélicas.

O magmatismo ácido da Bacia do Itajaí está representado pelas rochas riolíticas da Formação Apiúna, pelo Granito Subida e pelo Granito Português, os quais apresentam teores de SiO<sub>2</sub> de 70,40 até 78,50% caracterizando sistemas magmáticos alta sílica (Mahood&Hildreth 1983). As rochas vulcânicas e graníticas podem ser individualizadas em associações de rochas alto e baixo Zr, onde dentro de cada grupo verificam-se características geoquímicas similares, o que é atribuído a uma origem comagmática para cada grupo litológico.

A partir da análise do comportamento geoquímico dos elementos nos diagramas apresentados concluímos que o magma, a fonte magmática e os processos petrogenéticos que atuaram na geração da associação de rochas alto Zr foram distintos daqueles responsáveis pela formação das litologias baixo Zr. Essa conclusão é corroborada pelos dados geocronológicos obtidos neste trabalho.

## XI. GEOCRONOLOGIA (método SHRIMP U-Pb em zircão e xenotima)

Neste capítulo são apresentados e discutidos os dados geocronológicos obtidos para o magmatismo ácido da Bacia do Itajaí.

Amostras do Granito Português e de um dique riolítico da Formação Apiúna foram selecionadas para datação pelo método SHRIMP U-Pb de alta resolução. As datações pelo método U-Pb SHRIMP foram realizadas em zircão e xenotima, no laboratório da Universidade de *Western* da Austrália, especificamente para este trabalho, pelo geólogo Dr. João Orestes dos Santos.

### *Histórico das datações na área da Bacia do Itajaí*

A partir do método Rb-Sr isócrona em rocha total Basei (1985) obteve idades de  $544 \pm 20$  Ma para as rochas vulcânicas da bacia e de  $546 \pm 10$  Ma para o Granito Subida. Estas idades foram reinterpretadas por Chemale Jr *et al.* (1995), que forneceram resultados equivalentes a  $523 \pm 92$  Ma e  $535 \pm 22$  Ma, respectivamente.

Basei *et al.* (1999) relatam idades de  $567 \pm 14$  Ma para o Riolo Apiúna, e de  $561 \pm 42$  Ma para o Granito Subida, correspondentes à datação pelo método convencional U-Pb em zircão.

A datação de uma camada de tufo intercalada nos sedimentos da base do Grupo Itajaí por Basei (1985) forneceu idade de  $534 \pm 4$  Ma, pelo método isócrona Rb-Sr em rocha total.

Silva *et al.* (2002) indicaram idade máxima para abertura da bacia de  $643 \pm 12$  Ma, e idade do evento vulcânico explosivo correspondente a  $606 \pm 8$  Ma mediante o estudo de grãos de zircão de uma camada de tufo. Os dados geocronológicos foram obtidos pelo método U-Pb SHRIMP em zircão.

Basei (1985) relaciona a idade de 580 Ma correspondente a sedimentação do Grupo Itajaí, associada ao levantamento regional, com desenvolvimento de dobras com vergência para NW e reativação inversa dos principais lineamentos.

Macedo *et al.* 1984a partir do método isócrona Rb-Sr em rocha total de frações finas apresentaram as idades da sedimentação e diagênese como de 560 Ma.

Através dos métodos K/Ar e Rb/Sr em ilitas, Macedo *et al.* 1984 dataram o evento anquimetamórfico que afetou as rochas da bacia em 550 Ma, idade esta correspondente ao resfriamento.

Conforme Basei *et al.* 2008, níveis tufáceos, fortemente recristalizados, intercalados nas unidades basais da Bacia apresentaram idade SHRIMP U-Pb em zircão correspondente a  $584 \pm 27$  Ma.

O magmatismo da Bacia do Itajaí é correlacionado por alguns autores (Basei 1985; Silva 87; Fragoso Cesar *et al.* 1982) ao vulcanismo da bacia de Campo Alegre. Esta bacia está localizada a aproximadamente 50 Km a norte da região de Itajaí, disposta sobre o embasamento granulítico do escudo catarinense. Basei (1985) apresentou a idade de  $536 \pm 65$  Ma para as rochas vulcânicas da Bacia de Campo Alegre.

Basei *et al.* 2008 relatam a idade SHRIMP U-Pb em zircão de domo ácido que corta a sequência sedimentar da bacia como correspondente a  $560 \pm 9$  Ma. Este mesmo domo foi datado por Guadagnin *et al.* 2010, os quais associaram a idade de  $549 \pm 4$  Ma.

Mediante a identificação de traços-fósseis e evidências de *Chancelloria*, Paim *et al.* 1997 relacionam a idade da sedimentação ao Cambriano.

Basei *et al.* 2011 obtiveram os seguintes resultados relacionados a geocronologia:

a. adaptação pelo método SHRIMP em cristais de zircão de uma camada de tufo forneceu a idade U/Pb de  $596 \pm 10$  Ma, referente ao início da deposição da porção basal do Grupo Itajaí;

b. a datação de um conglomerado rico em clastos de rochas vulcânicas ácidas indicou a idade de 609 Ma, obtida em zircões presentes nos fragmentos ácidos;

c. o Morro Gravatá, que ocorre a sul da cidade de Apiúna, foi datado pelo método U-Pb em zircão e forneceu a idade de  $558 \pm 6,6$  Ma. Esta idade foi associada às rochas vulcânicas félsicas que cortam as unidades da bacia;

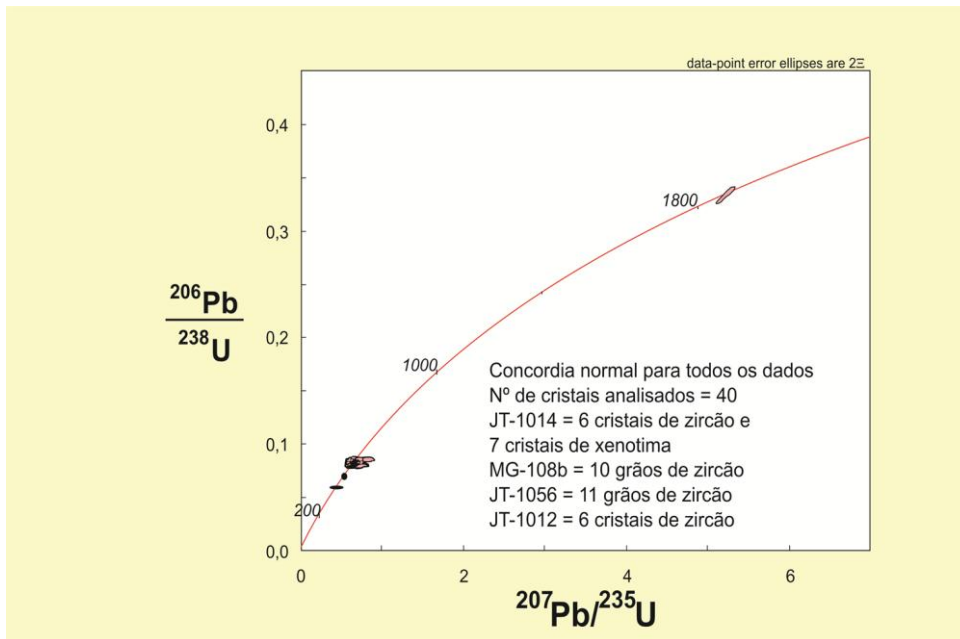
d. idade do sienogranito Subida correspondente a  $520 \pm 5,5$  Ma.

A partir da datação de um tufo e de cinco amostras de arenito Guadagnin *et al.* 2010 relacionam a idade de  $563 \pm 3$  Ma ao evento de deposição; neste mesmo trabalho, a datação de cristais de zircão de um stock riolítico intrusivo nas unidades da bacia forneceu a idade de  $549 \pm 4$  Ma.

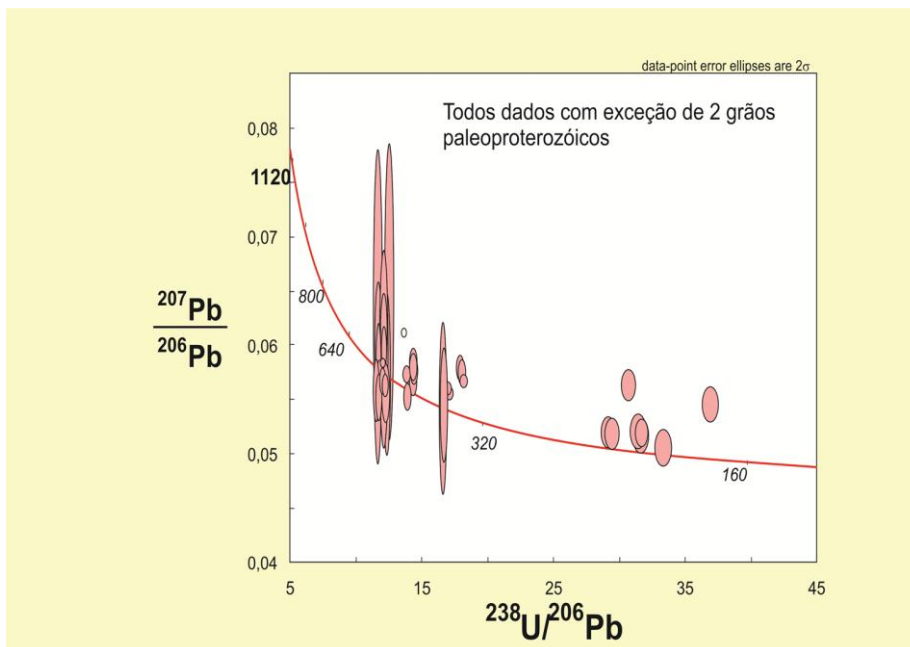
### *Dados obtidos neste trabalho*

As idades obtidas indicam que a atividade magmática mais recente na área da Bacia do Itajaí corresponde a intrusão do Granito Português (Fig.38), este recentemente descoberto pelos geólogos João Ângelo Toniolo e Marcus Begossi em trabalhos de mapeamento geológico da CPRM. O Granito Português trata-se de um muscovita granito que aflora na porção norte da bacia, e conforme este trabalho pertence a associação magmática baixo Zr, de afinidade alcalina e com assinatura geoquímica típica de granitóides tipo A, pós-colisionais.





**Figura 28-** Diagrama concórdia de análises do Granito Português e de riolitos da Formação Apiúna.



**Figura 29-** Diagrama concórdia de análises do Granito Português e de riolitos da Formação Apiúna, com exceção da plotagem de dois cristais de idade Paleoproterozoica.

As amostras JT-1014, JT-1012, JT-1056 e MG-108B referentes respectivamente ao riolito Apiúna, riolito Apiúna, Granito Português e Granito Português foram investigadas do ponto de vista geocronológico. Foram realizadas datações pelo método SHRIMP U-Pb de alta resolução em zircão e xenotima.

Nos diagramas concórdia de análises do Granito Português e de riolitos da Formação Apiúna (Figs.28, 29 e 30) é possível verificar as populações de idades obtidas para o magmatismo ácido da bacia estudada.

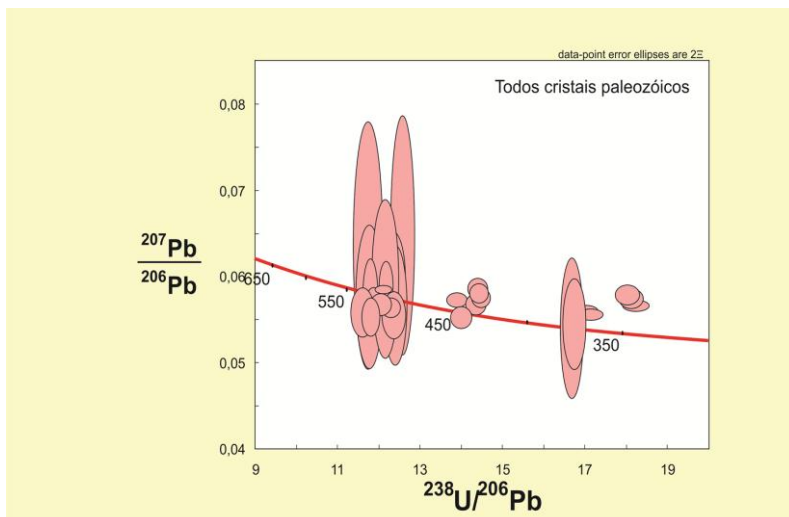
A amostra JT-1014 corresponde a um dique riolítico fortemente hidrotermalizado. A maioria dos cristais de zircão desta amostra estão muito metamictizados (Fig.31), porém aqueles separados datação são euédricos e limpos, não metamictizados. Observa-se nesses cristais cavidades preenchidas por xenotima (Fig.32 e Fig.33).

Verifica-se nas amostras estudadas uma elevada concentração de U e Th (Tabela 5b) nos cristais de zircão e xenotima analisados por SHRIMP, que alcança a ordem de até 3,0 e 1,6%, respectivamente. Acreditamos que este fator esteja associado à ação de um evento hidrotermal rico em U e Th que atuou sobre essas litologias.

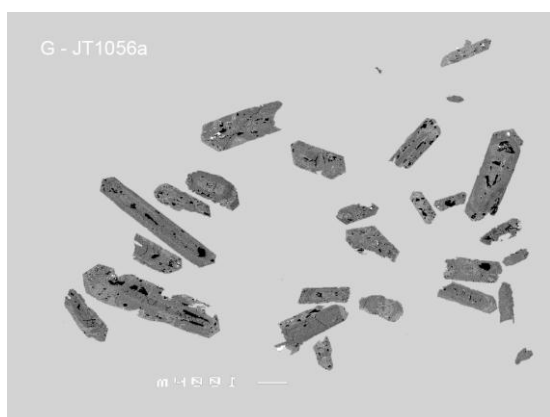
No diagrama concórdia referente às análises do Granito Português e de riolitos da Formação Apiúna (Fig.34) verifica-se uma concentração de pontos com idade Fanerozóica, a qual atribuímos ao evento hidrotermal.

A idade do hidrotermalismo, conforme definido neste trabalho, está bem representada nos diagramas apresentados (Figs.35 e 36) e corresponde a  $254 \pm 50$  Ma. No histograma (Fig.37) verifica-se que a média de idades relacionadas ao evento hidrotermal, obtidas em distintos cristais de zircão e xenotima, corresponde a  $254 \pm 50$  Ma.

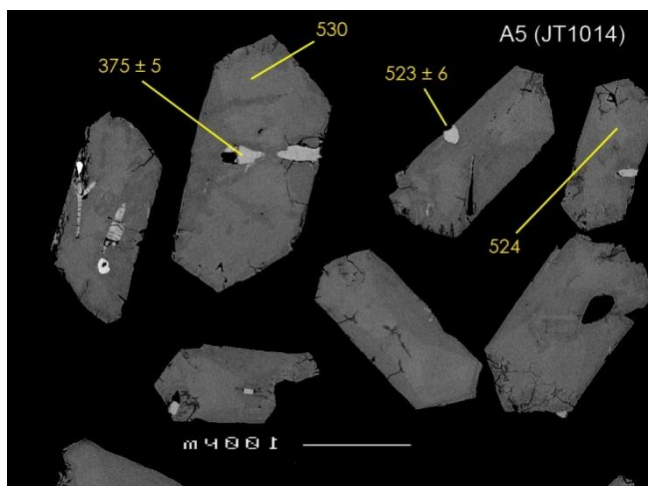
A datação de zircões da amostra MG-108B forneceu a idade de  $512,9 \pm 1,9$  Ma (Fig.38) referente à cristalização do Granito Português, caracterizando este como o último evento magmático que ocorreu na Bacia do Itajaí.



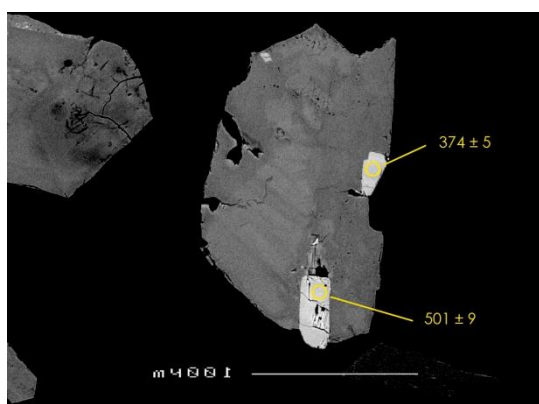
**Figura 30-** Diagrama concórdia de análises do Granito Português e de rochas riolíticas da Formação Apiúna.



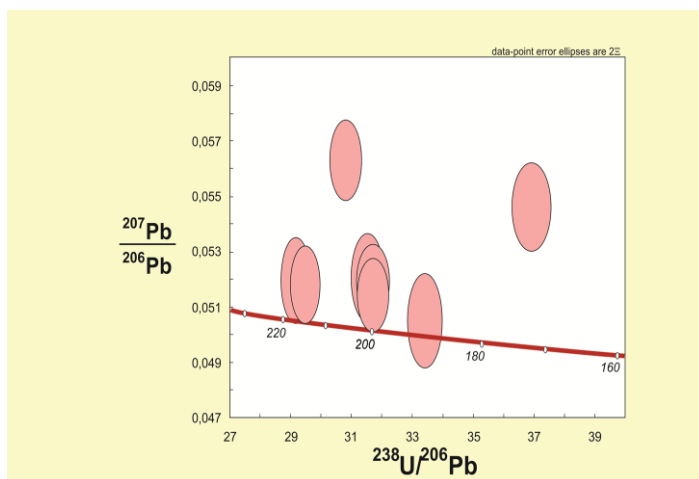
**Figura 31** - Imagens BSE (*backscattered electrons* - elétrons retroespalhados) de cristais de zircão da amostra JT-1056a. Cristais muito metamíticos, devido ao elevado teor de U, impossibilitando uma datação precisa. Zircões não utilizados para datação.



**Figura 32** - Imagens BSE (*backscattered electrons* - elétrons retroespalhados) e idade de cristais de zircão e xenotima da amostra JT-1014, referente a dique riolítico hidrotermalizado. Cavidades no zircão preenchidas por xenotima.



**Figura 33** - Imagens BSE (*backscattered electrons* - elétrons retroespalhados) e idade de cristais de zircão e xenotima da amostra JT-1014, referente a dique riolítico hidrotermalizado. Cavidades no zircão preenchidas por xenotima.



**Figura 34** - Diagrama concórdia de análises do Granito Português e de riolitos da Formação Apiúna. Detalhe da Fig.28.

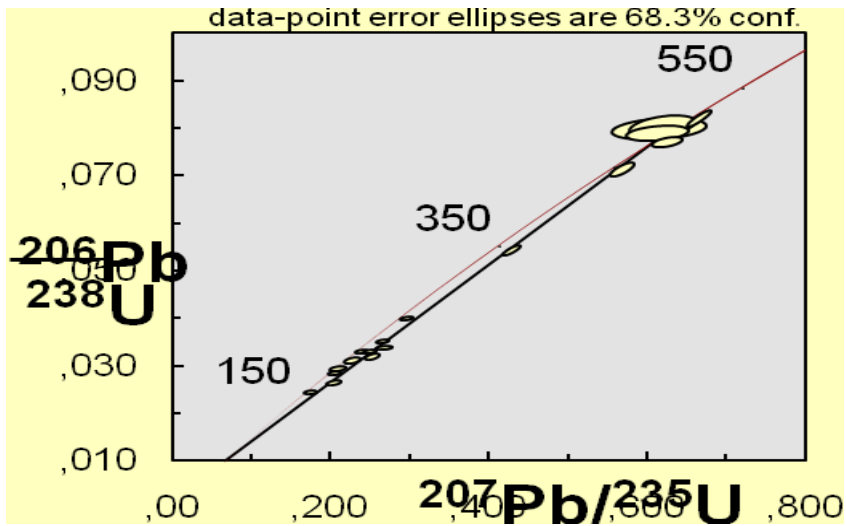


Figura 35- Diagrama da concórdia das amostras estudadas.

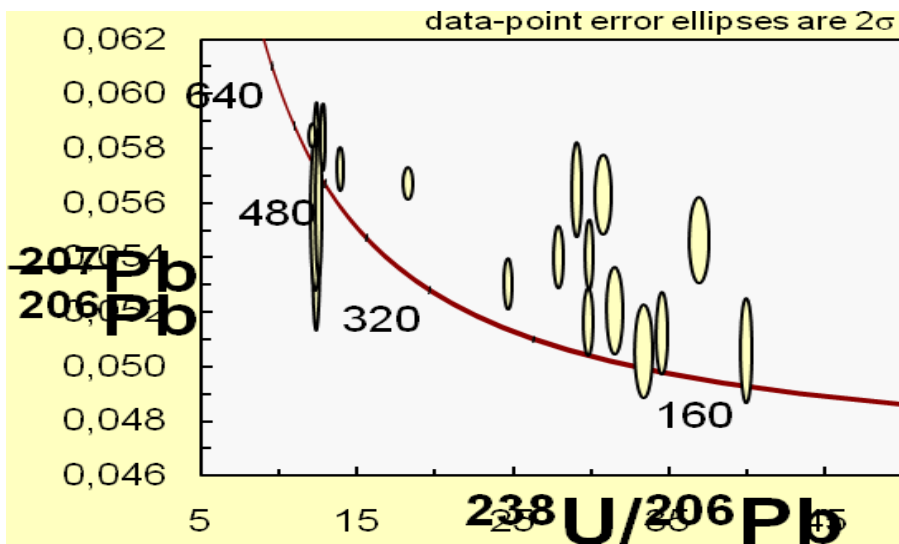
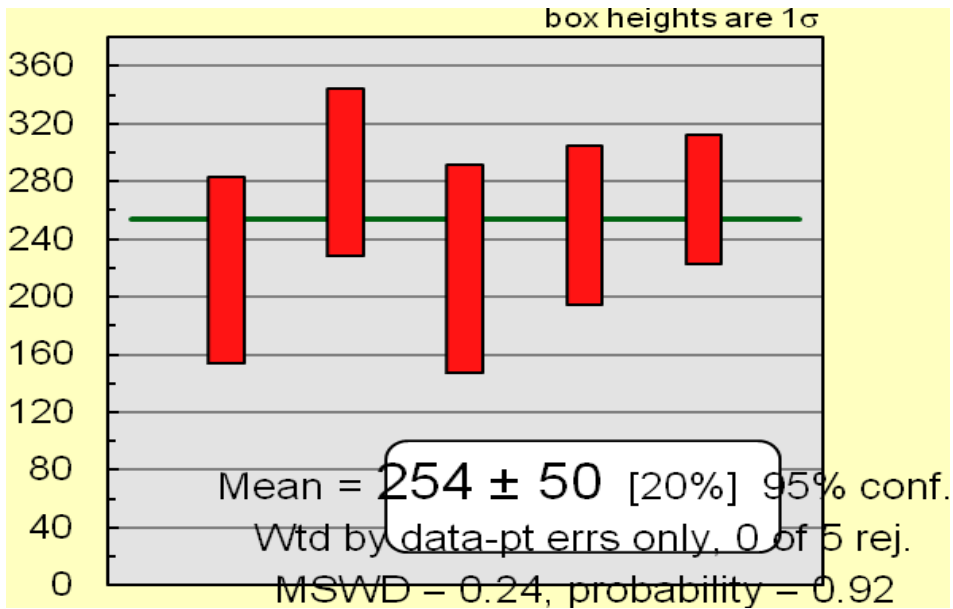
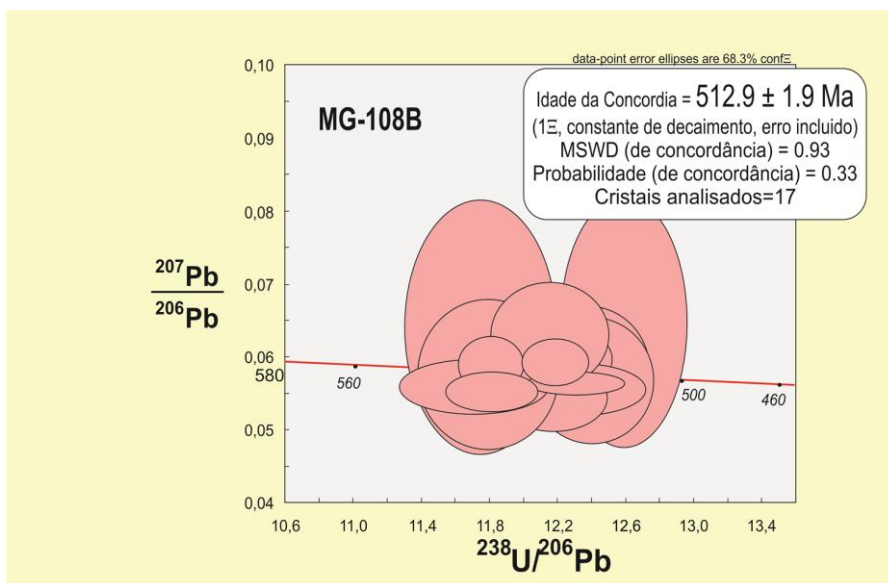


Figura 36 - Diagrama da concórdia das amostras estudadas.



**Figura 37** - Histograma com as idades obtidas para o evento hidrotermal.



**Figura 38** - Diagrama concórdia do Granito Português, amostra MG-108b

As idades obtidas em zircões da amostra JT-1056, referente ao Granito Português, e nos zircões mais antigos da amostra MG-108 do Granito Português indicam que as rochas foram geradas em torno de 513 Ma, Série 2 do Cambriano.

A idade de cristalização do Granito Português obtida pelo método SHRIMP-U-Pb em cristais de zircão e xenotima (Fig.38) corresponde a  $512,9 \pm 1,9$  Ma.

A amostra JT-1012 de um dique riolítico da Formação Apiúna possui quatro zircões com 200-210 Ma que é a mesma idade encontrada em três zircões da amostra MG-108 do Granito Português.

Há idades intermediárias por volta de 350 e 450 Ma que são interpretadas como idades mistas, onde pode ser que o spot analítico tenha abrangido áreas de 510 e 200-210 Ma, ou a recristalização ocorrida em 200-210 Ma pode ter sido parcial.

A idade das xenotimas é de  $\pm 510$  Ma, mas há valores de  $\pm 350$  e de 465 Ma, que são idades intermediárias semelhantes àquelas encontradas nos zircões. Não foi obtida idade de 200-210 Ma nas xenotimas, porém o número de análises foi pequeno.

As idades de 210-200 Ma foram encontradas em amostras do Granito Português (MG-108) e em amostras de dois diques riolíticos da Formação Apiúna (JT-1012 e JT-1014) que registram forte evidência de que ocorreu um evento geológico nessa época, possivelmente um hidrotermalismo com fluido rico em U.



**Tabela5:** Dados Isotópicos U-Pb SHRIMP em zircão e xenotima

spot	U ppm	Th ppm	Th U	Razões Isotópicas		Idades		$\frac{^{208}\text{Pb}}{^{232}\text{Th}}$	$\frac{^{206}\text{Pb}}{^{238}\text{U}}$	$\frac{^{207}\text{Pb}}{^{206}\text{Pb}}$	Correl. Disc.#	Coefic. %												
				$\frac{^{206}\text{Pb}}{^{238}\text{U}}$	erro†	$\frac{^{207}\text{Pb}}{^{235}\text{U}}$	erro†						erro†	erro†	erro†	erro†								
JT1014 , xenotima																								
a.5-3a	15132	15639	1.07	0.73	14.4442	±1.39	0.05801	±1.68	0.5537	±2.18	0.0219	±1.65	432	±6	530	±37	0.639							
a.5-3b	14731	15197	1.07	0.67	14.4217	±1.40	0.05853	±1.75	0.5595	±2.24	0.0220	±1.68	432	±6	549	±38	0.626							
a.5-4	16880	17643	1.08	1.52	14.0069	±1.38	0.05528	±1.95	0.5442	±2.39	0.0215	±1.83	445	±6	424	±44	0.576							
a.5-5a	14758	13860	0.97	0.75	18.1248	±1.38	0.05741	±1.71	0.4367	±2.20	0.0173	±1.83	346	±5	507	±38	0.627							
a.5-5b	15393	14554	0.98	0.65	18.0364	±1.39	0.05785	±1.71	0.4422	±2.20	0.0175	±1.68	348	±5	524	±37	0.631							
a.5-6a	17722	19634	1.14	0.72	14.4877	±1.40	0.05758	±1.74	0.5480	±2.23	0.0212	±1.64	430	±6	514	±38	0.626							
a.5-6b	17986	20083	1.15	0.77	14.3807	±1.41	0.05684	±1.99	0.5450	±2.44	0.0211	±1.72	433	±6	485	±44	0.579							
JT1014 , zircão																								
a.2-1	3408	13370	4.05	5.36	12.5984	±1.92	0.06477	±17.46	0.7088	±17.56	0.0150	±4.80	492	±9	767	±368	0.109							
a.3-1	2066	13796	6.90	0.39	12.1968	±1.06	0.05916	±3.67	0.6688	±3.82	0.0189	±1.73	508	±5	573	±80	0.277							
a.5-1	2318	6211	2.77	4.52	16.6961	±1.30	0.05395	±12.36	0.4456	±12.43	0.0128	±3.67	375	±5	369	±279	0.104							
a.5-2	2183	8848	4.19	0.40	11.8179	±1.09	0.05888	±4.35	0.6870	±4.48	0.0185	±1.68	524	±5	563	±95	0.242							
a.8-1-1	4630	13664	3.05	1.39	16.7376	±1.39	0.05451	±7.96	0.4490	±8.08	0.0185	±3.30	374	±5	392	±179	0.172							
a.8-2-1	2825	6485	2.37	2.05	12.4077	±1.85	0.05771	±10.51	0.6413	±10.68	0.0173	±4.27	500	±9	519	±231	0.174							
JT1056 , zircão																								
g.1-1	69	101	1.52	1.67	12.4157	±1.91	0.05673	±9.92	0.6300	±10.11	0.0189	±4.65	499	±9	481	±219	0.189							
g.2-1-1	506	60	0.12	0.51	11.8833	±1.57	0.05608	±3.67	0.6507	±3.99	0.0223	±14.20	521	±8	456	±81	0.393							
g.2-1	512	61	0.12	0.59	11.8223	±1.52	0.05523	±3.23	0.6442	±3.57	0.0212	±13.26	523	±8	422	±72	0.425							
c.3-1-3	91	51	0.58	0.16	11.6468	±2.09	0.05587	±4.28	0.6614	±4.76	0.0252	±4.10	531	±11	447	±95	0.438							
c.4-1	264	504	1.97	0.17	12.0511	±1.59	0.05675	±1.88	0.6493	±2.46	0.0252	±1.86	514	±8	482	±42	0.646							
c.6-1-1	56	46	0.85	2.36	11.7530	±2.50	0.06401	±17.79	0.7510	±17.96	0.0253	±11.88	526	±13	742	±376	0.139							
c.6-2	795	84	0.11	0.10	12.3216	±1.53	0.05631	±1.65	0.6301	±2.25	0.0200	±4.28	503	±7	464	±37	0.679							
c.7-1-1	51	108	2.19	0.27	11.7955	±2.29	0.05753	±11.97	0.6725	±12.18	0.0262	±4.63	525	±12	512	±263	0.188							
c.9-1-1	104	80	0.79	1.34	12.1556	±2.03	0.05934	±7.64	0.6731	±7.91	0.0219	±6.06	510	±10	580	±166	0.257							
c.9-2	129	208	1.67	0.33	12.1758	±1.75	0.05432	±5.66	0.6152	±5.92	0.0247	±3.23	509	±9	385	±127	0.295							
c.10-1-2	174	309	1.84	1.94	12.1600	±1.88	0.06280	±7.92	0.7121	±8.14	0.0201	±3.58	509	±9	702	±169	0.231							
JT1012 , zircão																								
c.1-1a	10943	6070	0.57	0.08	17.0189	±1.39	0.05598	±0.93	0.4536	±1.67	0.0178	±1.58	368	±5	452	±21	0.829							
c.1-1b	11018	6149	0.58	0.09	17.1588	±1.40	0.05558	±0.99	0.4466	±1.72	0.0175	±1.68	365	±5	435	±22	0.819							
c.2-1a	9370	5514	0.61	0.51	29.5062	±1.40	0.05184	±2.16	0.2422	±2.58	0.0106	±2.27	215	±3	278	±50	0.543							
c.2-1b	9402	5567	0.61	0.47	29.1874	±1.41	0.05200	±2.33	0.2457	±2.72	0.0106	±2.41	217	±3	286	±53	0.519							
c.3-1a	7890	4035	0.53	0.41	31.7415	±1.40	0.05192	±2.09	0.2255	±2.51	0.0097	±2.34	200	±3	282	±48	0.557							

c.3-1b	7791	4019	0.53	0.46	31.7125	±1.42	0.05170	± 2.55	0.2248	± 2.92	0.0096	± 2.69	200	± 3	272	± 59	0.485
MG10																	
8b,																	
zircão																	
i.4-2	1469	1397	0.98	0.00	2.9837	±1.36	0.11397	± 0.22	5.2665	± 1.38	0.0948	± 1.38	1863	± 22	1864	± 4	0.987
i.6-2	1426	1640	1.19	0.01	3.0192	±1.36	0.11388	± 0.32	5.2007	± 1.39	0.0956	± 1.47	1844	± 22	1862	± 6	0.974
j.1-1	6175	3586	0.60	1.11	33.4207	±1.39	0.05051	± 2.78	0.2084	± 3.11	0.0092	± 2.62	190	± 3	218	± 64	0.446
j.1-2	5393	3369	0.65	0.81	30.8121	±1.39	0.05627	± 2.12	0.2518	± 2.54	0.0109	± 2.09	206	± 3	463	± 47	0.547
j.2-1	10685	9372	0.91	0.03	12.1230	±1.36	0.05843	± 0.63	0.6646	± 1.50	0.0259	± 1.42	511	± 7	546	± 14	0.909
j.2-2	5803	3345	0.60	0.87	36.9491	±1.38	0.05460	± 2.39	0.2037	± 2.76	0.0085	± 2.40	172	± 2	396	± 54	0.500
j.3-1	9235	6115	0.68	0.19	18.2604	±1.36	0.05669	± 0.88	0.4280	± 1.62	0.0172	± 1.51	344	± 5	479	± 19	0.841
j.4-1	173	521	3.12	0.22	12.3729	±1.89	0.05552	± 4.08	0.6187	± 4.50	0.0247	± 2.36	501	± 9	433	± 91	0.419
j.5-1	4945	6575	1.37	0.16	13.9185	±1.36	0.05722	± 1.13	0.5668	± 1.77	0.0212	± 1.43	447	± 6	500	± 25	0.770
j.7-1	5570	3308	0.61	0.71	31.5359	±1.38	0.05202	± 2.52	0.2274	± 2.88	0.0094	± 2.34	201	± 3	286	± 58	0.479

Notes: \*f206 = (common <sup>206</sup>Pb) / (total measured <sup>206</sup>Pb) based on measured <sup>204</sup>Pb

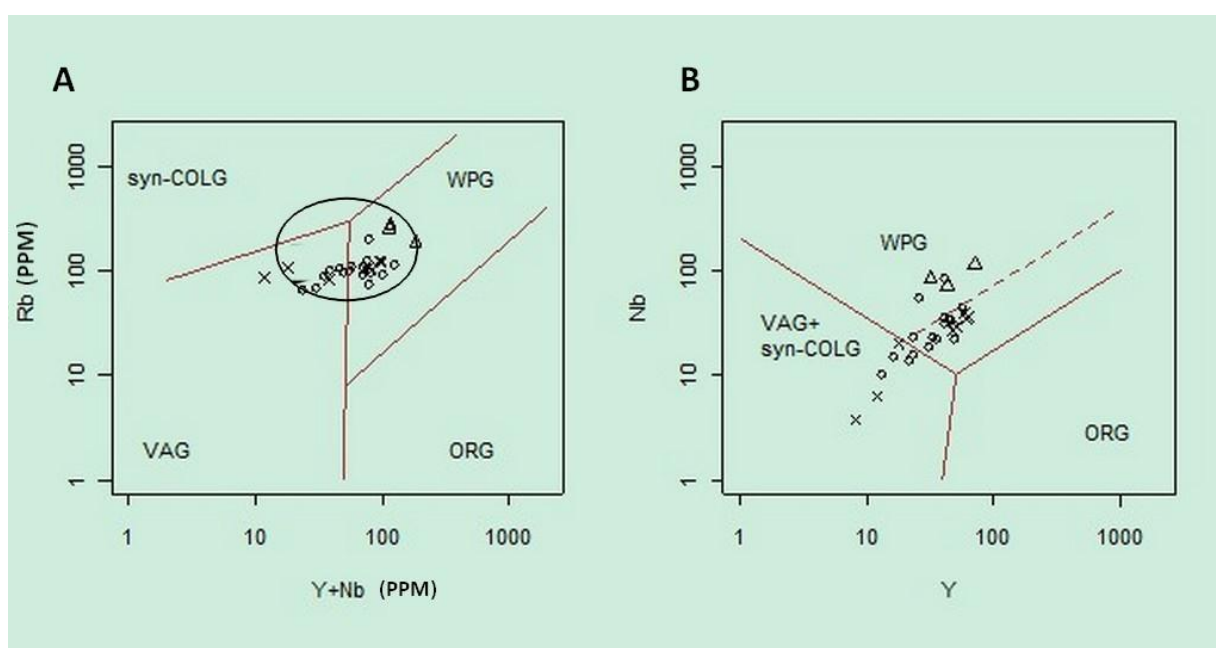
†Isotopic ratios errors in %

## VII. POSICIONAMENTO GEOTECTÔNICO DO MAGMATISMO

O posicionamento geotectônico do magmatismo ácido da Bacia do Itajaí foi determinado a partir da análise e interpretação dos dados liquímicos.

No diagrama discriminante para ambiente tectônico de Pearce (1996) as amostras dos granitos e riolitos estudados da Bacia do Itajaí concentram-se no campo pós-colisional (Fig.39).

De acordo com Pearce (1996), rochas associadas com ambientes pós-colisionais apresentam características geoquímicas indicativas de fontes relacionadas a arcos magmáticos maduros ou relacionadas a ambientes intra-placa continental.



**Figura 39-** Diagramas discriminantes de ambientes tectônicos para granitos (Pearce et al. 1984; Pearce 1996). (A) Rb *versus* (Y+Nb); (B) Nb *versus* Y. Legenda: triângulo =Granito Português; x = Granito Subida; círculo =Riolitos Apiúna. Campos: 1.ORG: granitos de *ridge* oceânico; 2.WPG: granitos intra-placa; 3.VAG: granitos de arco vulcânico; 4.Syn-COLG: granitos sin-colisionais; 5.post-COLG: granitos pós-colisionais.

A análise de diagramas e de dados geoquímicos atribui uma afinidade alcalina às rochas graníticas e vulcânicas ácidas da Bacia do Itajaí. Este fato, aliado ao comportamento dos elementos-traço em diagramas discriminantes de ambiente tectônico indica um posicionamento pós-colisional para este magmatismo.

## VIII. CONSIDERAÇÕES FINAIS E CONCLUSÕES

O magmatismo ácido da Bacia do Itajaí está representado pelas rochas riolíticas da Formação Apiúna, pelo Granito Subida e pelo Granito Português, os quais apresentam teores de SiO<sub>2</sub> de 70,40 até 78,50% caracterizando sistemas magmáticos alta sílica (Mahood & Hildreth 1983). As rochas vulcânicas e graníticas podem ser individualizadas em associações de rochas alto e baixo Zr, onde cada grupo possui características geoquímicas similares, o que é atribuído a uma origem comagmática para cada grupo litológico.

A partir da análise do comportamento geoquímico dos elementos nos diagramas apresentados concluímos que o magma, a fonte magmática e os processos petrogenéticos que atuaram na geração da associação de rochas alto Zr foram distintos daqueles responsáveis pela formação das litologias baixo Zr. Essa conclusão é corroborada pelos dados geocronológicos obtidos neste trabalho.

O conteúdo médio de Zr, o intervalo de valores de R1-R2, e os valores médios das razões Ga/Al, Y/Nb, Ce/Nb das rochas graníticas e vulcânicas ácidas da bacia são característicos de granitos alcalinos.

Os teores de elementos-traço, normalizados a valores condríticos apresentam forte enriquecimento em Rb, Th, K, La e Ce, aliados a anomalias negativas de Ba, Sr, P e Ti, modelos estes característicos de granitos tipo-A.

Mediante o estudo dos diagramas apresentados e a partir da análise das tabelas de dados litoquímicos verifica-se que o magmatismo ácido da Bacia do Itajaí caracteriza-se, de um modo geral, pelo enriquecimento em elementos litófilos de grande raio tais como K, Rb, ETRL, Th, U, Ta e Nb, além de apresentar altos valores de SiO<sub>2</sub> (>70%), alta razão K<sub>2</sub>O/Na<sub>2</sub>O (>1), elevado conteúdo de álcalis (Na<sub>2</sub>O + K<sub>2</sub>O > 8%), razão Fe/Mg elevada, e altas concentrações de elementos de carga elevada tais com Ga, Nb, Y e ETR, com exceção do Eu, que apresenta baixos valores. As rochas alto e baixo Zr que compreendem o magmatismo ácido da bacia são frequentemente depletadas em CaO (<1%), MgO, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Sr e Ba. Todas essas características são típicas da assinatura geoquímica de granitóides tipo A (Whalen *et al.*, 1987; Eby 1990, 1992).

A afinidade alcalina das rochas ácidas, aliada ao comportamento dos elementos-traço nos diagramas de discriminação de ambiente tectônico pode ser relacionada a um posicionamento pós-colisional para este magmatismo.

As datações obtidas pelo método U-Pb em zircão e xenotima indicam idade de cristalização do Granito Português em 512,9 ± 1,9 Ma, Série 2 do Cambriano, e idade do hidrotermalismo, conforme definido neste trabalho, de 254 ± 50 Ma. Observa-se nos cristais de zircão e xenotima um elevado teor de U e Th, relacionado ao evento hidrotermal.

## IX. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, F.F.M.de; HASUI, Y.; BRITO NEVES, B.B.de; FUCK, R.A. 1977. As Províncias Estruturais do Brasil. In: SBG, Simp. Geol. Nordeste, 8, *Bol. Esp.*, 12p.

ALMEIDA, F.F.M.de; HASUI, Y.; BRITO NEVES, B.B.de; FUCK, R.A. 1981. Brazilian Structural Provinces: an introduction. *Earth Science Rev.*, 17: 1-29.

APPI, C.J. 1991. Análise estratigráfica da seção metassedimentar do Grupo Itajaí no estado de Santa Catarina. Dissertação, Universidade Federal do Rio de Janeiro.

APPI, C. J. & CRUZ, C. E. S. 1990. Estratigrafia de Sequências na Bacia do Itajaí. In: Cong. Bras. Geol., 36, Natal, Anais, vol.1, SBG.

BASEI, M.A.S. 1985. O Cinturão Dom Feliciano em Santa Catarina. Tese de Doutorado em Geociências. Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo. 191p.

BASEI, M.A.S.; HAWKESWORTH, C. 1993. O magmatismo do Cinturão Dom Feliciano (Santa Catarina) e sua importância no estabelecimento das principais discontinuidades crustais da região Sul-Brasileira. In: Simp. Internacional del Neoproterozoico-Cambrico de La Cuenca Del Plata. *Boletim de Resumos Expandidos*, 41.

BASEI, M. A.S; TEIXEIRA, W. 1987. Geocronologia dos terrenos Pré-Cambrianos a Eopaleozóicos de Santa Catarina. Texto explicativo para o mapa geológico do estado de Santa Catarina – 1:50.000. In: SILVA, L.A. & BERTOLUZZI, C.A. eds. Florianópolis, DNPM-CPRM. p. 91-130.

BASEI, M.A.S.; CITRONI, S.B.; SIGA Jr., O. 1998. Stratigraphy and age of fini-Proterozoic basins of Paraná and Santa Catarina States, Southern Brazil, *Boletim IG-USP: Série Científica*, 29: 195-216.

BASEI, M.A.S.; SIGA Jr., O.; CORDANI, U.G.; SATO, K.; LIMA, P.S. 1999. The magmatism of Itajaí Basin, SC, Southern Brazil and its importance to define the Proterozoic-Phanerozoic limit. II South American Symposium on Isotope Geology, Cordoba, Argentina, Actas, pp 287-290.

BASEI, M.A.S.; FRIMMEL, H.E.; NUTMAN, A.P.; PRECIOZZI, F. 2008. West Gondwana amalgamation based on detrital zircon ages from Neoproterozoic Ribeira and

Dom Feliciano Belts of South American and comparison with coeval sequences from SW Africa. In: PANKHURST, R.J.; TROUW, R.A.; BRITO NEVES, B.B.; WIT, M.J. (ed). West Gondwana: pre-cenozoic correlations across the South Atlantic region. London: Geological Society London, *Special Publication*, p. 239-256.

BASEI, M.A.S.; DRUKAS, C.O.; NUTMAN, A.P.; WEMMER, K.; DUNYI, L.; SANTOS, P.R.; PASSARELLI, M.C.; CAMPOS NETO, M.C.; SIGA Jr., O.; OSAKO, L. 2011. The Itajaí foreland basin: a tectono-sedimentary record of the Ediacaran period, Southern Brazil. *Int. J. Earth Sci.*, 100: 543-569.

BASÍLICI, G.; MARTINS, J. L. 2004. Architectural reinterpretation and acoustic facies of the lower portion of the Apiúna Unit (Cambrian Deep-Water depositional system, Santa Catarina State, Brazil. *RBG*, 22 (3): 275-288.

BITENCOURT, M. F.; HACKSPACKER, P. C.; NARDI, L. S. V. 1989. A zona de cisalhamento Major Gercino - Santa Catarina. In: Simpósio Nacional de Estudos Tectônicos, II, 1989, Fortaleza: SBG, 1989. P. 214-216.

BITENCOURT, M. F. 1996. Granitóides Sintectônicos da região de Porto Belo, SC: uma abordagem petrológica e estrutural do magmatismo em zonas de cisalhamento. Tese de Doutorado, Instituto de Geociências, UFRGS, 310p.

BORBA, C.; LOPES, O. F. 1985. O Grupo Brusque e seu embasamento na região de Itapema, SC. In: *Simp. Sul-Bras.Geol.*, 2: 24-31, Florianópolis, SBG.

CHEMALE Jr., F.; MALLMANN, G.; BITENCOURT, M.F.; KAWASHITA, K. 2003. Isotope geology of syntectonic magmatism along the Major Gercino Shear Zone, southern Brazil: implications for the timing of deformational events. In: IV South Am. Symp. Isotope Geol., Salvador, Brazil, pp.: 516-519.

CHEMALE Jr., F.; HARTMANN, L.A.; SILVA, L.C. 1995. Stratigraphy and Tectonism of Precambrian to Early Paleozoic units in Southern Brazil and Uruguay – Excursion Guide Book. *Acta Geologica Leopoldensia*, XVIII (42): 5-117.

CITRONI, S.B. 1993. Ambientes deposicionais e significado geotectônico da sedimentação do Grupo Itajaí, SC. Dissertação de Mestrado em Geociências. Universidade de São Paulo.

CONDIE, K.C. 1997. Plate Tectonics and Evolution Crustal. Butterworth Heinemann, Oxford.

DA ROSA, A.L.Z. 2005. Evidências de vida no Ediacarano Inferior da Bacia do Itajaí, SC. Dissertação de Mestrado, Universidade do Vale do Rio dos Sinos – UNISINOS.

DE LA ROCHE, H.; LATERRIER, J.; GRANDCLAUDE, P.; MARCHAL, M. A. 1980. Classification of volcanic and plutonic rocks using R1 R2 diagram and major elements analyses – its relationships with current nomenclature. *Chem. Geol.* 29: 182-210.

DICKINSON, W.R. 1974. Plate tectonics and sedimentation. In: Dickinson, W.R. (ed) Tectonic and sedimentation, special publication society of economic paleontologists and mineralogists, 22. Tulsa, Oklahoma, pp 1-272.

EBY, G.N. 1990. The A-type granitoids: a review of their occurrence and chemical characteristics and speculation on their petrogenesis. *Lithos*, 26: 115-135.

EBY, G.N. 1992. Chemical subdivision of the A-type granitoids: petrogenetic and tectonic implications. *Geology*, 20: 641-644.

FONSECA, M. M. 2004. Sistemas Depositionais e Estratigrafia de Sequências da Bacia do Itajaí (SC) e Detalhamento do Complexo Turbidítico Apiúna. PhD Thesis, UNISINOS.

FRAGOSO CESAR, A.R.S. 1980. O Craton do Rio de La Plata e o Cinturão Dom Feliciano no Escudo Uruguaio-Sul-Riograndense. Camboriú, SC, An. XXXI Cong. Bras. Geol., 2879-2892.

FRAGOSO CESAR, A.R.S. 1982. Associações petrotectônicas do Cinturão Dom Feliciano, SE da Plataforma Sul-Americana. Salvador, Ba, An. XXXII Cong. Bras. Geol., 1: 1-12

FROST, B. R.; BARNES, C. G.; COLLINS, W. J.; ARCULUS, R. J.; ELLIS, D. J.; FROST, C.D. 2001. A geochemical classification for granitic rocks. *J Petrol* 42: 2033 - 2048.

GRESSE, P.G.; CHEMALE Jr., F.; SILVA, L.C.; WALRAVEN, F.; HARTMANN, L.A. 1986. Late- to pos-orogenic basins of Pan-African-Braziliano collision orogen in southwest Africa and southern Brazil. *Basin Research* 8: 157-171.

GUADAGNIN, G. 2007. Idade e proveniência das rochas sedimentares da Bacia do Itajaí. Porto Alegre, RS, Trabalho de Conclusão de Curso, IGEO/UFRGS, 119 pp.

GUADAGNIN, F.; CHEMALE Jr., F.; DUSSIN, I.A.; JELINEK, A.R.; SANTOS, M.N.; BORBA, M.L.; JUSTINO, D.; BEROTTI, A.L.; ALESSANDRETTI, L. 2010. Depositional age and provenance of the Itajaí Basin, Santa Catarina State, Brazil: implications for SW Gondwana correlation. *Precambrian Res* 180(3-4): 156-182

GUALDA, G. A. R.; VLACH, S. R. F. 2007. The Serra da Graciosa A type granites and syenites, southern Brazil. Part 1: Regional Setting and Geological Characterization. *An. Acad. Bras. Ciênc.* Vol 79. RJ. Sept 2007.

HARTMANN, L.A.; SILVA, L.C.; ORLANDI, V. 1979. O Complexo Granulítico de Santa Catarina, *Acta Geológica Leopoldensia* 6: 94-112.

HARTMANN, L.A. 1988. Geoquímica de terras raras e geotermometria de granulitos de Dom Pedrito e Luís Alves, no extremo sul do Brasil. *Geoch. Bras.*, 2: 1-14.

HARTMANN, L.A.; LEITE, J.A.D.; SILVA, L.C.; REMUS, M.V.D.; McNAUGHTON, N.J.; GROVES, D.I.; FLETCHER, I.R.; SANTOS, J.O.; VASCONCELOS, M.A.Z. 2000. Advances in SHRIMP geochronology and their impact on understanding the tectonic and metallogenic evolution of southern Brazil. *Australian Journal of Earth Sciences*. (47): 829-844.

HARTMANN, L.A.; BITENCOURT, M.F.; SANTOS, J.O.S.; McNAUGHTON, N.J.; RIVERA, C.B.; BETIOLLO, L. 2003. Prolonged paleoproterozoic magmatic participation in the Neoproterozoic Dom Feliciano Belt, Santa Catarina, Brazil, based on zircon U-Pb SHRIMP geochronology. *Journal of South American Earth Sciences* 16, 477-492.

HASUI, Y.; CARNEIRO, C.D.R.; COIMBRA, A.M. 1975. The Ribeira Folded Belt. *Rev. Bras. Geoc.*, 5: 254 - 267.

IRVINE, T. N.; BARAGAR, W. R. A. 1971. A guide to the chemical classification of the common volcanic rocks. *Canadian Journal of Earth Sciences*, v. 8, p. 523-548.

JOST, H.; HARTMANN, L. A. 1984. Província Mantiqueira, Setor Meridional. In: O Pré-Cambriano do Brasil. F. F. M. deAlmeida e Y. Hasui coord. Ed. Edgard BlucherLtda, São Paulo. 378p.

KAUL, P.F.T. 1984. Significado dos granitos anorogênicos da Suíte Intrusiva Serra do Mar na evolução da crosta do sulsudeste do Brasil, no âmbito das folhas SG-22, Curitiba e SG-23, Iguape. In: *Congresso Brasileiro de Geologia* 33, Rio de Janeiro,



RJ,SBG 6: 2815-2825.

KREBS A.S.J.; CALDASSO A.L.S.; LOPES R.C. 1988. Interpretação preliminar da sequência deposicional da Bacia do Itajaí na área da folha Botuverá. In: *Congresso Brasileiro de Geologia* 35, vol 2. pp 592-605

KREBS, A.S.J.; SILVA, M.A.; DIAS, A.A.; CAMOZZATO E.; LOPES. R.C. 1990. O Grupo Itajaí na folha Botuverá (SC). Modelo geométrico-cinemático e relações com o Cinturão Metavulcano-Sedimentar Brusque. In: *Congresso Brasileiro de Geologia* 36, vol 6, pp 2966-2975.

LIÉGEOIS, J. P. 1998. Preface – Some words on the postcollisional magmatism. *Lithos* 45: XV - XVII.

LE BAS, M.J.; LE MAITRE, R.W.; STRECKEISEN, A.; ZANETTIN, B. 1986. A chemical classification of volcanic rocks on the total alkali-silica diagram. *J. Petrol.*, 27: 745-750.

MAACK R.1947. Breves notícias sobre a geologia dos estados do Paraná e Santa Catarina. *Arq Biol Tecnol* 2:63-154.

MACEDO, M.H.F; BASEI, M.A.S; BONHOMME, M; KAWASHITA, K. 1984. Dados geocronológicos referentes às rochas metassedimentares do Grupo Itajaí, Santa Catarina. *Rev Bras Geoc* 14(1):30-34.

MAHOOD, G.; HILDRETH, W. 1983. Large partition coefficients for the trace elements in high-silica rhyolites. *Geochim. Cosmochim. Acta*, 47: 11-30.

MANIAR, P.D.; PICCOLI, P.M. 1989. Tectonic discrimination of granitoids. *Geological Society American Bulletin*, 101: 635-643.

MANTOVANI, M.S.M.; HAWKESWORTH, C.J.; BASEI, M.S.A. 1987. Nd and Pb isotope studies bearing on the crustal evolution of Southeastern Brazil. *Rev. Bras. Geoc.*, 17(3): 263-263.

NARBONE, G.M. 2005. The Ediacara biota: Neoproterozoic origin of animals and their ecosystems. *Annu. Rev. Earth Planet Scie.*, 33: 421-442.

PAIM, P.S.G, LEIPNITZ, I.I.; ROSA, A.N.Z.; ROSA, A.A.S. 1997. Preliminary report on the occurrence of *Chancelloria* sp. in the Itajaí Basin, southern Brazil. *Rev Bras Geoc* 27(3): 303-308.

PASSARELLI, C.; BASEI, M.A.S.; CAMPOS NETO, M.C. 1994. Caracterização geométrica e cinemática da zona de cisalhamento Major Gercino e sua importância na compartimentação dos terrenos Pré-Cambrianos de SC. *RBG*, 23(3): 234-241.

PHILIPP, R.P.; MALLMANN, G.; PRADO, M.; SILVA, M.M.A.; SOUSA, E.R.; WILD, F.; AREND, S.T.; LIZ, J.D.; DUARTE, L.C.; OLIVEIRA, A.S. 2001. Caracterização litológica e condições metamórficas do Complexo Metamórfico Brusque na região de Camboriú-Tijucas, SC. In: VIII Simpósio Nacional de Estudos Tectônicos. Anais, Pernambuco, 93-97.

PEARCE, J.A.; HARRIS, N.B. W.; TINDLE, A.G. 1984. Trace element discrimination diagrams for the tectonic interpretation of granitic rocks. *Journ. Petrol.* 25: 956-983.

PEARCE, J.A. 1996. Sources and settings of granitic rocks. *Episodes*, 19(4): 120-125.

RIGON, F.C. 1983. Petrologia e proveniência os arenitos turbidíticos da Bacia do Itajaí, SC. Mastership dissertation, Universidade Federal de Ouro Preto, 170p.

ROSTIROLLA S.P. 1991. Tectônica e Sedimentação da Bacia de Itajaí-SC. Unpublished Master Thesis – UFOP, Ouro Preto MG, 132 p.

ROSTIROLLA, S.P.; ALKIMIN, F.F.; SOARES P.C. 1992. O grupo Itajaí, Estado de Santa Catarina, Brasil, exemplo de sedimentação em uma bacia flexural de antepaís. *BolGeoc Petrobrás* 6(3/4): 109-122.

ROSTIROLLA, S.P., analysis and mineral endowment of the Proterozoic Itajaí Basin, south-east Brazil, Basin AHRENDT, A; SOARES, P.C; CARMINGNANI L. 1999. *Basin Res* 11:127-142.

SALAMUNI R, BIGARELLA JJ, TAKEDA FK. 1961. Considerações sobre a estratigrafia e tectônica da Série Itajaí. Curitiba, PR. *Bol Par Geogr* 415:188-201.

SANDER, A. 1992. Petrologia e litoquímica de uma parcela da sequência vulcanosedimentar do Complexo Metamórfico Brusque na região do Ribeirão do Ouro, SC. Dissertação de Mestrado, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio

Grande do Sul, 167p.

SANTOS, J.P.P.; BETTINI, C.; MORAES, M.A.S. 2008. Representação espacial de lobos e canais turbidíticos em afloramentos da região de Apiúna, Bacia do Itajaí, Santa Catarina. *Bol Geoc Petrobrás* 16: 69-85.

SHAND, S.J. 1943. *Eruptive Rocks*. 2<sup>nd</sup> ed., Wiley, New York.

SILVA, L.C. & DIAS, A.A. 1981. Projeto Timbó-Barra Velha, Brasil. Convênio DNPM/CPRM. Porto Alegre. 282 p.

SILVA, L.C. 1987. Geologia do Pré-Cambriano/ EoPaleozóico de Santa Catarina. In: Texto explicativo para o mapa geológico do estado de Santa Catarina. Escala 1: 500.000. DNPM/ CPRM – SC. p. 12 – 90.

SILVA, L.C. 1991. O Cinturão Metavulcanossedimentar Brusque e a Evolução Policíclica das Faixas dobradas Proterozóicas no sul do Brasil: Uma Revisão. RBG, 21.

TRAININI, D.R.; DIAS, A.A.; KREBS, A.S.J.; SOUZA, E.C.; CAPELETTI, L.; TONIOLO, J.A.; SILVA, L.C.; SILVA, M.A.S. 1978. Projeto Vidal Ramos – Biguacu. DNPM/CPRM. Porto Alegre, RS, *Relatorio Final*.

WHALEN, J.B.; CURRIE, K.L.; CHAPPEL, B.W. 1987. A Type Granites – geochemical characteristics, discrimination and petrogenesis. *Contrib Mineral Petrol* 95: 407 - 419.