

UNICAMP

Número: 331/2005 UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOCIÊNCIAS ÁREA DE METALOGÊNESE

## ROSEMERY DA SILVA NASCIMENTO

## DOMÍNIO CANINDÉ, FAIXA SERGIPANA, NORDESTE DO BRASIL: UM ESTUDO GEOQUÍMICIO E ISOTÓPICO DE UMA SEQÜÊNCIA DE RIFTE CONTINENTAL NEOPROTEROZÓICA.

Tese apresentada ao Instituto de Geociências como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutor em Ciências, Área de Metalogênese.

Orientador: Prof. Dr. Elson Paiva de Oliveira.

CAMPINAS- SÃO PAULO Junho/2005



Este exemplar corresponde o redação final da togo defendida por Roremery da Sulva Marcimento e aprovada rola Considero Julgadora em 10/06/2005

## Catalogação na Publicação elaborada pela Biblioteca do Instituto de Geociências/UNICAMP

Nascimento, Rosemery da Silva
N17d Domínio Canindé, faixa sergipana, Nordeste do Brasil: um estudo geoquímico e isotópico de uma seqüência de rifte continental neoproterozóica / Rosemery da Silva Nascimento.-- Campinas,SP.: [s.n.], 2005.
Orientador: Elson Paiva de Oliveira.
Tese (doutorado) Universidade Esta dual de Campinas, Instituto de Geociências.
1. Geocronologia. 2. Isótopos. 3. Geoquímica. 4. Tectônica (Geologia). 5. Canindé (CE). I. Oliveira, Elson Paiva de.
II. Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Geociências. III. Título.

Título em inglês: The Canindé domain, sergipano belt, Northeastern Brazil: a geochemical and isotope study of a neoproterozoic continental rifte sequence.

Keywords: - Sergipano belt;

11

- Canindé domain;
- U-Pb Geochronologic;
- Nd Isotopes;
- Geochemistry.

Área de concentração: Metalogênese

Titulação: Doutora em Ciências

Banca examinadora: - Elson Paiva de Oliveira;

- Asit Choudhuri;
- Alfonso Schrank
- Caetano Juliani;
- Adejardo Francisco da Silva Filho.

Data da defesa: 10/06/2005



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOCIÊNCIAS ÁREA DE METALOGÊNESE

## AUTORA: ROSEMERY DA SILVA NASCIMENTO

Domínio Canindé, faixa Sergipana, Nordeste do Brasill: um estudo geoquímico e isotópico de uma seqüência de rifte continental neoproterózóica.

**ORIENTADOR: Prof. Dr. Elson Paiva de Oliveira** 

Aprovada em: <u>10 / 06/200</u>5

**EXAMINADORES:** 

Prof. Dr. Elson Paiva de Oliveira Prof. Dr. Asit Choudhuri Prof. Dr Alfonso Schrank Prof. Dr Caetano Juliani Prof. Dr. Adejardo Francisco da Silva Filho

as in bellion, - Presidente

Campinas, 10 de junho de 2005

Dedico este trabalho aos meus amados Bira e Thais, pela imensa generosidade de terem sempre me perdoado pelas minhas ausências.

## Agradecimentos

-Ao Instituto de Geociências da Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP) e a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) pela oportunidade e recursos locados para o desenvolvimento da pesquisa.

 Aos geólogos Silvio Seixas e Luís Carlos Moraes (CPRM – Salvador) por terem gentilmente cedido o mapa geológico do Domínio Canindé que serviu de base cartográfica para este trabalho e pelas discussões da geologia do Domínio Canindé.

-Ao orientador e amigo Prof. Dr. Elson Paiva de Oliveira, não só pela dedicada orientação, mas por ter estado sempre ao meu lado nos momentos difíceis do trabalho, sempre incentivando a olhar criticamente os resultados obtidos.

-Aos professores da Universidade Federal do Pará (UFPA), Prof. Dr Paulo Sérgio de Souza Gorayeb, Prof. Dr. Carlos Eduardo Barros e Prof. Dr Rômulo Angélica Simões, pelos inúmeros incentivos e apoio.

-Aos amigos da "Família Sergipana", Dr. Mário Neto Cavalcanti de Araújo, Dr. Marcelo Juliano de Carvalho, Geóloga mestranda Juliana Finoto Bueno, Geólogo Fabrício Colombo Tezini e Geólogo Juliano José de Souza, pela amizade e pelas longas caminhadas na caatinga em busca da ciência.

-Aos amigos da pós-graduação Solange e Barata, Alexandre Amante, Sérgio, Irian, Márcia Gomes, Catarina, Monge, Antônio João, Cleyton, Aurélio, Venissa, João Paulo e Joel. Aos amigos UNICAMP, Valdirene, Aparecida, Lúcia e Dailton.

- A minha família pela compreensão, em especial aos meus pais Neide e Francisco e meus irmãos George, Rosana, Ronaldo, Raul e Renato, por terem sempre acreditado em mim.

- Aos amados Thaís e Bira, por serem sempre tão fortes e generosos. Meu porto seguro.

- A todos que contribuíram para a realização deste trabalho.

vii

# SUMÁRIO

	Pág.
1-INTRODUÇÃO	1
2 METODOLOGIA	5
2.1 - Métodos Analíticos	5
2.1.1 - FLUORESCÊNCIA DE RAIOS-X	5
2.1.2 - ESPECTROMETRIA DE PLASMA (ICP-MS)	6
2.1.3 - ISÓTOPOS Sm-Nd	7
2.1.4 - U-Pb (DILUIÇÃO ISOTÓPICA)	8
2.1.5 - U-Pb EM CRISTAIS DE ZIRCÃO (SHRIMP)	8
2.1.6 - <i>Pb-Pb</i>	9
3 - ANÁLISE DO CONHECIMENTO ANTERIOR	11
3. 1 - O conhecimento sobre o Domínio Canindé	13
4 - GEOLOGIA DO DOMÍNIO CANINDÉ	17
4.1 - Unidade Novo Gosto	
4.2 - Unidade Gentileza	20
4.3 - Suíte Gabróica de Canindé	21
4.4 - Granitos Intrusivos do Domínio Canindé	23
5- GEOQUÍMICA DO DOMÍNIO CANINDÉ	
5.1- Unidade Novo Gosto	
5.1.1- METASSEDIMENTOS	55
5.1.2 – ANFIBOLITOS	70
5.2- Unidade Gentileza	85
5.2.1- ANFIBOLITOS	85
5.2.2- ROCHAS SUBVULCÂNICAS	87
5.3 - Granitos do Domínio Canindé	106
6- GEOCRONOLOGIA E GEOQUÍMICA ISOTÓPICA NO DOMÍNIO CAN	<b>NINDÉ</b> 119
6.1- Unidade Novo Gosto	120
6.1.1- ISÓTOPOS Pb-Pb	
6.1.2- U-Pb EM ZIRCÃO DETRÍTICO	

.

1

-----

i

6.1.3- ISÓTOPOS Sm-Nd	121
6.2- Unidade Gentileza	122
6.2.1 – ISÓTOPOS U-Pb	122
6.2.2 - ISÓTOPOS Sm-Nd	122
6.3- Suíte Gabróica de Canindé e Granito Lajedinho	123
6.3.1- ISÓTOPOS U-Pb	123
7- AMBIENTE GEOTECTÔNICO DO DOMÍNIO CANINDÉ	137
ANEXO A.	145
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	147

ιı

-



# UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOCIÊNCIAS ÁREA DE METALOGÊNESE

Àrea de Metalogênese: Domínio Canindé, faixa sergipana, Nordeste do Brasil: um estudo geoquímico e isotópico de uma seqüência de rifte continental neoproterózóica.

## RESUMO

## Tese de Doutorado Rosemery da Silva Nascimento

A Faixa Sergipana está localizada na região nordeste do Brasil, entre o Macico Pernambuco-Alagoas e o Cráton do São Francisco. Na literatura é interpretada como a continuação, na América do Sul, da Faixa Oubanguides, na África, com idade Neoproterozóica (Ciclo Brasiliano/Pan-Africano). O quadro lito-estrutural da região está individualizado em diversos domínios, dentre os quais destaca-se o Domínio Canindé na porção central dessa unidade geotectônica. O Domínio Canindé é constituído por rochas metavulcanossedimentares invadidas por uma suíte gabróica e granitos diversos (Boa Esperança, Lajedinho, Tipo Sítios Novos e Xingó). Sobre este domínio há controvérsia quanto ao provável contexto tectônico dessas rochas, com propostas que vão desde complexo ofiolítico, ambiente intra-continental a seqüência de arco intra-oceânico. Assim este trabalho visa a caracterização geoquímica e temporal do Domínio Canindé, usando técnicas, como o ICP-MS capaz de analisar elementos (Nb, Ta, Th, La,) com elevado poder de interpretação na definição de ambiência tectônica. Somada as técnicas modernas de geocronologia (U-Pb em grãos de zircão utilizando SHRIMP) em conjunto com métodos convencionais e integração dos resultados obtidos com as observações das relações de campo. As análises isotópicas Pb-Pb do Domínio Canindé revelaram isócrona de 963±20 Ma para mármores associado com anfibolitos e outros metassedimentos. Os resultados das análises Sm-Nd indicam para os metassedimentos da Unidade Novo Gosto dois conjuntos de idade modelo (T<sub>DM</sub>) 1,5 e 1,14 Ga e o anfibolitos entre 1,3-0,8 Ga. Os anfibolitos da Unidade Gentileza apresentam T<sub>DM</sub> com valores entre 1,2-0,8 Ga e quartzo-monzodiorito com textura rapakivi desta unidade apresenta T<sub>DM</sub> em torno de 0,89 Ga. O eNd<sub>(t=0)</sub> para as unidades Novo Gosto e Gentileza são dominantemente negativos. Os resultados de análise de SHRIMP em metassedimento da Unidade Novo Gosto revelaram idades de áreas fontes distintas (977-718-679 Ma). A Unidade Gentileza apresenta idade U-Pb (SHRIMP) em torno de 688 ± 15 Ma, Granito Lajedinho 634 ± 10 Ma e Suíte Gabróica Canindé em torno de 690 ± 16 Ma. O quartzomonzodiorito com textura rapakivi da Unidade Gentileza apresenta idade de 684 ± 7,3 Ma (U-Pb em zircão por diluição isotópica). As áreas fontes mais antigas da Unidade Novo Gosto correspondem às rochas do Domínio Poço Redondo e Maciço Pernambuco-Alagoas, enquanto as mais jovens as rochas do próprio Domínio Canindé.

As composições isotópicas de Nd e anomalias negativas de Nb e Ta das unidades Novo Gosto e Gentileza, associadas com granitos com caracteríticas químicas anorogênicas, além de diorito com textura *rapakivi*, sugerem um cenário geotectônico de rifte intra-continental para as rochas do Domínio Canindé, cuja a sedimentação perdurou até o ciclo Brasiliano.



# UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOCIÊNCIAS ÁREA DE METALOGÊNESE

Área de Metalogênese: The Canindé domain, sergipano belt, Northeastern Brazil: a geochemical and isotope study of a neoproterozoic continental rifte sequence.

## Abstract Tese de Doutorado Rosemery da Silva Nascimento

The Sergipana belt is located in the northeastern region of Brazil, between the Pernambuco-Alagoas massif and the São Francisco craton. The Sergipana belt has been interpreted as the South American counterpart of the African Neoproterozoic Oubanguides belt, both developed during the Brazilian/PanAfrican cycle. The litho-structural array of the Sergipana belt is composed of several domains, with the Canindé domain that is located in the central part of that geotectonic unity. The Caninde domain comprises of metavolcano-sedimentary rocks that are crosscut by a gabbroic suite and several granite bodies (eg. Boa Esperanca, Lajedinho, Sítios Novos and Xingó granites). The tectonic context in which these rocks were formed is controversial. Previous models considered the area as an ophiolitc complex, an intracontinental environment, or alternatively as an island arc. In this work the Canindé domain is characterized in terms of stratigraphy, geochemistry and geochronology. Trace-element contents (eg. Nb, Ta, Th, La) were used in order to define the geotectonic environment. Geochronologic data were obtained on zircon by U-Pb SHRIMP and other conventional techniques. Pb-Pb isotopic analyses revealed an isochron of 963  $\pm$  20 Ma for marbles associated with amphibolites and metasedimentary rocks. Sm-Nd data of metasedimentary rocks (Novo Gosto unity) indicated model ages (T<sub>DM</sub>) of 1.5 Ga and 1.14 Ga. T<sub>DM</sub> amphibolites are comprised between 1.3 Ga and 0.8 Ga. Amphibolites from the Gentileza unity have (T<sub>DM</sub>) situated in the interval 1.2 and 0.8 Ga. Quartz-mozodiorites displaying rapakivi texture from the Gentileza unity present T<sub>DM</sub> ages of ca. 0.89 Ga. The  $\epsilon Nd_{(t=0)}$  values of Novo Gosto and Gentileza unities are dominantly negative. SHRIMP data of Novo Gosto unity indicated different ages for the source rocks (977 Ma, 718 Ma and 679 Ma). U-Pb SHRIMP zircon data of the Gentileza unity and the Lajedinho granite are respectively  $688 \pm 15$  Ma and  $634 \pm 10$  Ma. The Gabbroic Suite Canindé was dated at  $690 \pm 16$ Ma and quatz-monzodiorite rapakivi from the Gentileza unity by U-Pb conventional technique (zircon) revealed age  $684 \pm 10$  Ma.

It is suggested that the oldest sources of the Novo Gosto metasediment correspond to rocks from the Poço Redondo domain and the Pernambuco-Alagoas massif, whereas the youngest ones are those from the Canindé domain. Nd isotopic compositions and the negative Nb and Ta anomalies observed in rocks from the Novo Gosto and Gentileza unities associated with the anorogenic character of the granites and with the presence of rapakivi-textured diorites permit to propose that the Canindé domain developed in an intra-continental rift whose sedimentary history lasted until the Braziliano cycle.

### 1-INTRODUÇÃO

A Faixa Sergipana localiza-se na região Nordeste do Brasil, entre o Maciço Pernambuco-Alagoas e o Cráton do São Francisco (Fig. 1.1). Atualmente é interpretada como a continuidade, na América do Sul, da Faixa Neoproterozóica Oubanguides, na África (Ciclo Pan-Africano-Brasiliano) (Trompette 1994).

O quadro lito-estrutural da região pode ser individualizado nos domínios Sul-Alagoas, Canindé, Poço Redondo, Marancó, Macururé, Vaza Barris e Estância (Santos *et al.* 1988, D'el-Rey Silva 1995), separados, uns dos outros, por zonas de cisalhamento transcorrentes. Na porção sul da faixa afloram metassedimentos siliciclásticos e carbonáticos dos domínios Estância e Vaza Barris, além de quartzitos micáceos, filitos, metagrauvacas e xistos do Domínio Macururé.

Na porção central da Faixa Sergipana estão os domínios: (i) Marancó, constituído essencialmente por metarriolitos, metadacitos, metassedimentos e granitos, (ii) Poço Redondo, formado por gnaisses migmatitos e granitos, e (iii) Canindé formado dominantemente por rochas metavulcanossedimentares, gabros e granitos. O Domínio Sul-Alagoas, situado mais a norte na faixa, é composto por gnaisses granatíferos, xistos, mármores, rochas calciossilicáticas, anfibolitos, formações ferriferas bandadas e rochas ultramáficas.

O Domínio Canindé (Fig. 1.2) é constituído por rochas metavulcanossedimentares e subvulcânicas da unidades Novo Gosto e Gentileza, uma suíte gabróica e por granitos diversos. Sobre este domínio, especificamente, há interpretações controvertidas sobre o ambiente geotectônico de formação dessas rochas. Silva Filho (1976) interpreta esse domínio como um complexo ofiolítico, Oliveira & Tarney (1990) como um ambiente intracontinental e Bezerra (1992) e Silva Filho (1998) como uma sequência de arco intra-oceânico.

Este estudo tem como objetivo, através da integração das relações de contato entre as unidades lito-estratigráficas, e de dados geocronológicos, de geoquímica isotópica e de elementos traços com elevado poder interpretativo (Nb, Ta, Th, Zr), obtidos em equipamentos de elevada precisão analítica (SHRIMP, ICP-MS), melhor definir a caracterização temporal e geoquímica do ambiente tectônico do Domínio Canindé.

A princípio foram investigados os metassedimentos que ocorrem no Domínio Canindé, especialmente os mármores, nos quais foram realizadas análises isotópicas Pb-Pb (idade 960 Ma) que posteriormente foram comparados com resultados de análises U-Pb (SHRIMP) em zircões detríticos de metassedimentos da Unidade Novo Gosto. Os resultados preliminares de FRX, ICP-

MS e isótopos Sm-Nd nos litotipos das unidades Novo Gosto e Gentileza com assinaturas geoquímicas com anomalia negativa de Nb e Ta, padrão geoquímico de rochas da Unidade Novo Gosto semelhante a basaltos de cadeia meso-oceânica (MORB) e  $\epsilon Nd_{(1)}$  positivos, levaram, a princípio, um modelo de complexo de subducção para a Unidade Novo Gosto e para rochas da Unidade Gentileza um ambiente de núcleo de arco magmático intra-oceânico do Meso-Proterozóico (Nascimento & Oliveira 2003). Contudo, as características geoquímicas acima relacionadas também se enquadram em seqüências extensionais intra-continentais, além disso granitos associados a estas rochas apresentam características anorogênicas e algumas rochas da Unidade Gentileza apresentam textura *rapakivi*, freqüentemente proveniente de ambiente extensional, além disso os novos dados de isótopos Sm-Nd e U-Pb em zircão (análises SHRIMP) nos litotipos das unidades Novo Gosto e Gentileza não suportam um modelo de arco magmático intra-oceânico para o Domínio Canindé. Assim, como veremos a seguir o presente trabalho apresenta um modelo de evolução tectônica para o Complexo Canindé que corresponde a uma seqüência de rifte intra-continental.

lΙ



Figura 1.1- Mapa geológico simplificado da Faixa Sergipana (D'el-Rey Silva 1999), individualizada em domínios lito-tectônicos.



1 |

Figura 1.2 - Mapa geológico simplificado do Domínio Canindé.

#### 2 - METODOLOGIA

Os procedimentos metodológicos envolveram fundamentalmente a pesquisa bibliográfica, trabalhos de campo e estudos laboratoriais de geoquímica e geocronologia das unidades Novo Gosto e Gentileza, bem como granitos do Domínio Canindé (Anexo A).

Os trabalhos de campo foram direcionados para a identificação de estruturas primárias das rochas, descrição das relações de contato entre as unidades lito-estratigráficas e coleta das amostras. Foram realizadas quatro campanhas de campo, cada uma com cerca de 25 dias.

Os estudos petrográficos foram realizados no laboratório de petrografia do Instituto de Geociências da UNICAMP e serviram para classificar rochas e selecionar as amostras para os estudos subseqüentes de geoquímica. Estes estudos consistiram, a princípio, na análise química de rochas para elementos maiores, menores e traços, utilizando o espectrômetro de fluorescência de raios X do Instituto de Geociências da UNICAMP. Os resultados foram lançados em diagramas clássicos de variação química, visando à caracterização da proveniência e ambiência das rochas do Domínio Canindé. Como a análise química de alguns elementos traço exige equipamentos com limites de detecção menores do que a fluorescência de raios X, algumas amostras foram analisadas na USP por espectrometria de massa com plasma acoplado (ICP-MS).

As análises de geoquímica isotópica e geocronologia consistiram de análises Sm-Nd em diversos litotipos, realizadas nos laboratórios de geocronologia das universidades de Brasília (UnB) e do Rio Grande do Sul (UFRGS). As análises Pb-Pb em mármores da Unidade Novo Gosto foram realizadas na USP e as análises U-Pb em cristais de zircão de metassedimento, quartzo-monzodiorito, gabro e granito do Domínio Canindé, foram realizadas na University of Western Australia, por Sensitive High Resolution Ion MicroProbe (SHRIMP).

#### 2.1 - Métodos Analíticos

## 2.1.1 - FLUORESCÊNCIA DE RAIOS X

A fluorescência de raios X (FRX) é uma técnica analítica clássica na determinação de elementos maiores e traços em rocha total. De acordo com Rollison (1993) é versátil e pode analísar cerca de 80 elementos, determinando elementos maiores e traços em rochas e minerais com baixas concentrações. É um método rápido e várias análises precisas podem ser feitas em um curto período de tempo. É baseado na excitação das amostras por raios X primários que vão produzir raios X secundários com energias e comprimentos de onda característicos dos elementos

presentes. A concentração dos elementos é determinada pela comparação com composições já conhecidas.

As amostras do Domínio Canindé foram britadas e pulverizadas no Laboratório de Tratamento de Amostras do Instituto de Geociências da UNICAMP, que utiliza um britador de mandíbulas Frisch (modelo II – Alemanha) e moinho de bolas planetário Fritsch (modelo 5/4-Alemanha) para gerar um pó de granulação de 75 µm.

Para as análises de FRX foram preparadas pastilhas prensadas e fundidas. As pastilhas prensadas são utilizadas na determinação de elementos traços e foram preparadas pela mistura de 9,0 g de amostra com 1,5 g de cera em pó (Hoeschst/Alemanha), prensadas durante um minuto com pressão de 119 MPa, em prensa hidráulica HTP 40 (Herzog/Alemanha). Os elementos maiores foram determinados em pastilhas fundidas, preparadas por fusão da amostra em pó seco, com uma mistura de metaborato e tetraborato de lítio (80/20 p/p – Spectroflux 100B Jonhson Mattey/USA), na proporção de 5:1 (fundente/amostra) em um equipamento de fusão Fluxy 300 (Claisse). As dosagens químicas dos elementos maiores, menores e traços foram realizadas pelo Espectrômetro de Fluorescência de Raios X, Philips-modelo PW-2404, no Laboratório de FRX do IG da UNICAMP sob a supervisão da Profa. Dra. Jacinta Enzweiler.

O controle de qualidade dos resultados foi feito pela duplicação de 6 amostras desde a etapa da britagem até moagem. A checagem do procedimento analítico foi feita com análise de amostras de referência internacional (WSE e RGM-1) e amostra de referência interna do laboratório (BAC). Para os óxidos maiores foram usadas as amostras de referência BAC, WSE, RGM-1 e para os elementos traço foram utilizadas as amostras de referência WSE e RGM-1. Os resultados obtidos para os elementos maiores diferem do padrão interno (BAC) em torno de 1% e estão dentro do desvio padrão (1 sigma) das referências internacionais WSE e RGM-1, mas para os elementos Ce, Cs, La, Nd, Sc, Sn e U devem ser considerados apenas como indicativos.

#### 2.1.2 - ESPECTROMETRIA DE PLASMA (ICP-MS)

| |

A espectrometria de plasma (ICP) é uma técnica com enorme potencial em geoquímica, capaz de medir elementos de interesse petrogenético em baixos limites de detecção. Torna-se mais eficaz quando acoplado a um espectrômetro de massa (ICP-MS), resultando em análises com boa precisão e acurácia. As análises ICP-MS foram realizadas no Laboratório de ICP-MS do Instituto de Geociências da USP, sob orientação do Prof. Dr. Valdecir Janasi, seguindo os procedimentos de Navarro (2004). O laboratório utiliza o equipamento ICP-MS ELAN 6100 DRC da Perkin Elmer, que trabalha com um nebulizador do tipo Meinhard acoplado à bomba peristática, e câmara ciclônica em quartzo. A dissolução completa do material a ser analisado é essencial para obtenção de resultados analíticos com apreciável exatidão e precisão. O ataque ácido em forno microondas não foi capaz de dissolver totalmente as amostras devido a minerais refratários como o zircão. Assim, o método de dissolução em bombas tipo Parr foi utilizado para o ataque ácido das amostras.

Nesta metodología 40 mg de amostras com granulação menor que 200 mesh são colocados em recipiente de teflon 23 ml com adição de 2 ml de ácido nitrico 14 N e 6 ml de ácido fluorídrico 40%. O recipiente de teflon é levado à chapa elétrica até obtenção de massa úmida. A seguir são colocados em jaquetas de aço-inox, resistentes a altas pressões, e submetidos às condições de ataque que consistem na permanência em estufa por 5 dias a temperatura constante de 200° C, atingindo pressões de até 10 atm. Após serem retirados das jaquetas, são levados à chapa elétrica até a quase secagem para a eliminação do HF. Em seguida são adicionados 5 ml de HNO<sub>3</sub> e a solução é transferida para frasco de polipropileno de 125 ml com adição de água até o peso de 80 g. A solução é levada para o equipamento.

A qualidade dos dados foi monitorada por amostras de referência internacional do laboratório (DR-N, BE-N, OU-1, OU-2, JA-1 e BR) e pela duplicação de 4 amostras do Domínio Canindé. Os resultados obtidos estão dentro dos padrões do laboratório.

#### 2.1.3 - ISÓTOPOS Sm-Nd

As análises isotópicas Sm-Nd, realizadas no Laboratório de Geocronologia da UnB (14 amostras), sob a supervisão do Prof. Dr. Márcio Pimentel, seguiram o método de diluição isotópica descrito por Gioia & Pimentel (2000). Cerca de 50 mg de pó das amostras foram misturadas a uma solução traçadora <sup>149</sup>Sm-<sup>150</sup>Nd e em seguida digeridos em frascos de teflon savilex com HNO<sub>3</sub>, HF e HCl. A extração dos lantanídeos é feita por métodos convencionais em colunas de troca iônica. As frações de Sm-Nd foram depositadas em arranjos duplos de filamento de Rênio e analisadas no espectrômetro de massa Finnigan MAT-262 multicoletor. A precisão da

razão <sup>143</sup>Nd/<sup>144</sup>Nd é da ordem de 1 sigma e os valores das idades modelo ( $T_{DM}$ ) foram calculados usando o modelo de DePaolo (1981).

As amostras enviadas para o Laboratório de Geocronologia da UFRGS para análises Sm-Nd, sob a supervisão do Prof. Dr. Farid Chemale, foram inicialmente pesadas em frascos de teflon, com adição de um traçador isotópico  $\text{Sm}^{149}/\text{Nd}^{150}$  (RS-1a, concentração  $\text{Nd}^{150}$  4,75 ppm e  $\text{Sm}^{149}$  1,725 ppm). Após a dissolução da amostra em chapa quente com adição de HNO<sub>3</sub> 7N+HF e HCl 6N, as amostras totalmente dissolvidas foram secas e com posterior adição de 3 ml de HCL 2,5 N. Nd e Sm foram separados com uso de colunas de resinas catiônicas (primárias) e colunas de pó de teflon (HDEHP), seguindo os procedimentos de Patchett & Ruiz (1987). O Nd foi analisado na forma metálica utilizando um conjunto de três filamentos num arranjo Ta-Re-Ta, sendo a amostra depositada no filamento externo com H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> 0,25 N. As análises isotópicas foram realizadas em um Espectrômetro de Massa VG Sector 54 com 9 coletores Faraday, sendo medidas 100 razões do isótopos de Nd, no modo estático com 146 axial. O elemento Sm foi depositado com H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> sobre um filamento simples de Ta e as razões isotópicas foram medidas na forma metálica no modo estático. Os brancos do laboratório foram sempre menor que 250 pg para Nd e menor que 100 pg para Sm.

## 2.1.4 - U-Pb (DILUIÇÃO ISOTÓPICA)

ΙI

Na Unidade Gentileza a amostra JS-18A (quartzo-monzodiorito com textura *rapakivi*) foi datada pelo sistema isotópico U-Pb em zircão usando o método de diluição isotópica no Laboratório de Geocronologia da Universidade de Brasília (UnB) sob a supervisão do Prof. Dr. Elton Luiz Dantas, seguindo os procedimentos de Parrish (1987) e Krosgh (1973), adaptado às condições do laboratório. Antes da dissolução do zircão com HF e HNO<sub>3</sub>, adiciona-se a cada amostra uma solução do traçador (spike) <sup>205</sup>Pb-<sup>235</sup>U. As medidas são feitas pelo espectrômetro de massa Finnigan MAT 262 nos módulos de coletor individual e múltiplo. As composições isotópicas de Pb e U são analisadas em filamentos individuais de Rênio usando sílica gel e ácido fosfórico, e são corrigidas pela média obtida no padrão de Pb comum SRM 981. O fracionamento de Urânio é monitorado pela réplica de análise padrão SM 500. Incertezas na razão U-Pb decorrentes da espectrometria de massa e do fracionamento são na ordem de 0,5%. Os dados obtidos na análise dos zircões foram tratados no programa ISOPLOT de Ludwig (1999) e as incertezas nas idades em relação ao intercepto da concórdia são da ordem de 2 sigma.

## 2.1.5 - U-Pb EM CRISTAIS DE ZIRCÃO (SHRIMP)

As análises de U-Pb utilizando a *Sentive High Resolution Ion MicroProbe* (SHRIMP) em cristais individuais de zircão tem elevada precisão e possibilita, além da determinação da idade de rochas ígneas, a identificação da presença de grãos herdados de eventos de recristalização ou metamorfismo, bem como a idade de áreas fonte de rochas sedimentares metamorfisadas.

As análises U-Pb em cristais de zircão por SHRIMP foram realizadas na University of Western Austrália pelo doutorando Marcelo Juliano de Carvalho, integrante da equipe de pesquisa da UNICAMP que tem como objeto de estudo a Faixa Sergipana. Os cristais de zircão foram montados numa lâmina com epoxy usando padrão '.CZ3 (550 ppm de U;  $^{206}Pb/^{238}U=0,0914$ ). Depois das observações ópticas convencionais foram selecionados grãos de zircões para serem imageados por *Scanning Electron Microscope* (SEM) para análises de morfologia e estrutura interna. As análise U-Pb são obtidas usando o Perth Consortium SHRIMP II baseado nos procedimentos operacionais descritos por Compston *et al.* (1984) com ciclos de 7-*scan* para granitos e 5-*scan* para sedimentos, raio incidente O<sub>2</sub><sup>-</sup> de 2 nA e resolução de massa de 5000 ca. Os dados foram reduzidos usando o software SQUID (Ludwig 1999) e para os cálculos das idades foram considerados pontos com discordância  $\leq 5\%$ . As incertezas das idades em relação ao intercepto da concórdia são da ordem de 2 sigma.

### 2.1.6 - Pb-Pb

As análises Pb-Pb foram realizadas no Laboratório de Isótopos de Pb do Centro de Pesquisa Geocronológica da USP sob a supervisão da Profa. Dra. Marly Babinsk. Inicialmente as amostras foram cominuídas até a fração areia (20 mesh), entretanto ao observá-las na lupa verificou-se que, mesmo aquelas que aparentemente eram puras, continham muscovita. Por este motivo sua granulação foi reduzida (<16 mesh). Posteriormente agregados e grãos puros de carbonatos foram selecionados na lupa, para subseqüente ataque químico com HBr 0,6 N ( primeiro lixiviado com 2ml e segundo com 10 ml). As análises isotópicas seguiram os procedimentos analíticos descritos por Babinsk *et al.* (1999) usando para a determinação das concentrações de Pb e U o espectrômetro de massa multicoletor VG 354. Para cálculo da idade foi usado o programa ISOPLOT (Ludwig 1990) e a constante de decaimento é a recomendada por Steiger & Jäger (1972).

## **3 - ANÁLISE DO CONHECIMENTO ANTERIOR**

Não é intenção enumerar a totalidade de trabalhos já realizados na Faixa Sergipana, visto que nem todos têm relevância para os objetivos desta pesquisa. Embora nem todos sejam citados são destacados as principais propostas e as controvérsias sobre a evolução e significado geotectônico da Faixa Sergipana e do Domínio Canindé.

A Faixa Sergipana apresenta complexidade na organização tectono-estratigráfica, percebida desde os trabalhos pioneiros de Branner (1913), Moraes Rego (1933), Oliveira & Moura (1942) e Moraes & Alves (1952). A denominação de Faixa Sergipana foi introduzida por Brito Neves (1975), para substituir e ampliar os conceitos de "Geossinclinal de Sergipe" (Humphrey & Allard 1962) e "Geossinclinal de Propriá" (Humphrey & Allard 1969).

Após esta fase pioneira de mapeamento das principais unidades, a análise da geometria e estruturação da Faixa Sergipana, associadas à análise de ambientes deposicionais, passou a ser objeto de diversas pesquisas. Jardim de Sá *et al.* (1986) consideram a Faixa de Dobramento Sergipana como constituída por terrenos mono-cíclicos estruturados por um evento tectônico tangencial progressivo, gerado por cisalhamento simples, durante o Ciclo Brasiliano. Brito Neves *et al.* (1987) e Campos Neto & Brito Neves (1987) concluíram que a faixa resulta de um sistema de três estruturas maiores de "nappes" que justapõem ambientes paleogeográficos diferentes. Davison & Santos (1989), por sua vez, sugeriram que a Faixa Sergipana seria formada por um mosaico de terrenos com características distintas, não correlacionáveis entre si, separados por zonas de cisalhamento e justapostos por tectônica colisional durante o Ciclo Brasiliano.

A compartimentação do quadro tectono-estrutural da região em domínios litotectônicos (Santos et al. 1988) tem sido amplamente aceita nos últimos anos (Davison & Santos 1989, D'el-Rey Silva 1995, Silva Filho 1998, D'el-Rey Silva 1999). Dentro deste contexto a Faixa Sergipana é formada por sete domínios lito-tectônicos: Sul-Alagoas, Canindé, Poço Redondo, Marancó, Macururé, Vaza Barris e Estância, separados, uns dos outros, por zonas de cisalhamento transcorrentes. De acordo com D'el-Rey Silva (1999) os domínios Sul Alagoas, Canindé, Poço Redondo e Marancó constituem a zona interna que exibe deformação neoproterozóica compressiva, vergência de dobras para norte-noroeste, além de metamorfismo na fácies anfibolito a granulito. As zonas intermediária, externa e cratônica correspondem, respectivamente, aos domínios Macururé, Vaza Barris e Estância, com grau metamórfico variando, de norte para o sul, de fácies anfibolito para xisto verde a metamorfismo ausente. As zonas intermediária e externa

apresentam dobras/empurrões de vergência para sul-sudoeste, enquanto a zona cratônica está pouco deformada, com sedimentos geralmente horizontais.

Trompette (1994) na sua reconstrução da porção oeste do Gondwana considera a Faixa Sergipana como a continuação da Faixa Oubanguides (África) formando um Mega-orógeno (Orogenia Pan-Africano-Brasiliano) de direção E-W com mais de 5000 km. Para a estruturação da Faixa Sergipana apresenta duas hipóteses: a) os domínios representariam uma transição gradual de sul para norte (seqüência plataformal), com aumento da complexidade de deformação e aumento de metamorfismo para o centro do cinturão, b) a Faixa Sergipana seria constituída por miniplacas com evoluções tectônicas distintas que teriam colidido obliquamente com o Cráton S. Francisco. De acordo com Trompette (1994) a princípio pensava-se que o Maciço Pernambuco-Alagoas mergulhava por baixo do Cráton do S.Francisco (Brito Neves 1977), entretanto trabalhos posteriores mostram o mergulho inverso, o Cráton do S. Francisco é que mergulha sob o Maciço Pernambuco-Alagoas (Sá *et al.* 1986, Neto & Neves 1987).

D'el-Rey Silva (1994, 1995) estudou os domos do embasamento granito-gnáissico da Faixa Sergipana concluindo que estes forneceram os sedimentos para uma bacia assimétrica (Mar de Canindé). A Faixa Sergipana é interpretada por este autor como a feição resultante do fechamento e subducção na porção norte desta bacia. O Domínio Canindé representaria o arcode-ilha ou um terreno alóctone. O Domínio Marancó seria parte da bacia original ou parte do arco-magmático, enquanto o Domínio Poço Redondo seria uma parte retrabalhada do embasamento cristalino ou um micro-continente. Segundo D'el-Rey Silva (1995) a Faixa Sergipana representa uma clássica orogenia colisional, compatível com fragmentação e amalgamento do supercontinente Gondwana ao longo das zonas de fraqueza litosférica no Proterozóico. Com base em dados geofísicos aeromagnéticos ao longo da margem do Cráton S.Francisco (Torres *et al.* 1994), o autor concluiu que a Falha Macururé, com continuidade na Faixa Riacho do Pontal (Jardim de Sá *et al.* 1986), seriam remanescente da linha de sutura da subducção que ocorreu na porção norte.

Silva Filho *et al.* (1997) estudaram os plútons graníticos tardi-tectônicos neoproterozóicos da Faixa Sergipana, concluindo que eles apresentam composições que variam de cálcio-alcalino normal ao shoshonítico, localmente peralcalino. A alta razão LILE/HFSE (*Large Ion Lithophile Element/High Field Strength Element*) destas rochas é interpretada como indicativo de origem em zonas de subducção, que pode ter sido herdada de um ciclo orogenético

mais antigo que o Ciclo Brasiliano. Para o eNd negativo dos granitos estudados concluem que houve reciclagem e envolvimento de um antigo manto litosférico. Para estes autores, na maioria dos casos, as idades modelos são de 1,0 Ga e as assinaturas geoquímicas resultam de uma evolução complexa, com múltiplos estágios, durante a colisão que envolveu fusão parcial de fontes de composições e idades distintas. Os autores concluíram que a Orogenia Brasiliana não acrescentou material do manto empobrecido na crosta continental da Faixa Sergipana.

Mais recentemente, Silva Filho & Torres (2002) separaram a faixa orogênica em dois cinturões: Sergipano e Sul-Alagoano. O primeiro representado pelos domínios Macururé, Vaza Barris, Estância, Rio Coruripe e Viçosa, e o segundo pelos domínios Canindé e Marancó. Para o Cinturão Sergipano os autores sugeriram uma sedimentação de rifte e plataforma de margem atlântica meso/neoproterozóica. Para os autores houve amalgamação entre o cinturão Sergipano e os domínios Canindé/Marancó e Pernambuco/Alagoas em dois estágios (1,04 e 0,75 Ga) caracterizados, respectivamente, pelos granitóides peraluminosos caririanos e brasilianos. As suturas entre estes domínios seriam marcadas pela Zona de Cisalhamento Belo Monte/Jeremoabo e granitos.

Por sua vez, Silva Filho *et al.* (2002) afirmaram que há semelhanças isotópicas Sm-Nd entre a Faixa Sergipana (Sistema de Dobramento Sergipano) e o Maciço Pernambuco-Alagoas (PEAL) e sugeriram que o Sistema Sergipano se estende até a Região de Águas Belas, ao Norte. Os autores concluem que o Sistema Sergipano pode ser totalmente contrastante e discordante do restante das unidades geotectônicas da Província Borborema e provavelmente se desenvolveu por acresção à margem norte do Cráton do São Francisco durante o Mesoproterozóico.

Em suma, a Faixa Sergipana é um excelente exemplo mundial de um antigo orógeno, importante na reconstrução do supercontinente Gondwana. Contudo a origem dos seus domínios é polêmica, em especial o Canindé, distinto dos demais por sua pilha metavulcanossedimentar que, como veremos adiante, tornou-se peça fundamental no entendimento da evolução dessa unidade geotectetônica.

#### 3.1 - O conhecimento sobre o Domínio Canindé

Farina (1966, 1967 e 1970), Leite (1969) e Silva Filho (1976) foram os primeiros a relatar a presença de rochas ultramáficas na região do baixo São Francisco no "Geossinclinal de Propriá" e teriam dado a estas rochas uma evolução metamórfica a partir de um nível calciomagnesiano. Posteriormente, Brito Neves & Cordani (1973), Santos & Silva Filho (1975) deram uma outra interpretação, relacionando-as à atividade magmática inicial (ofiolítica) do geossinclinal.

**I** |

Silva Filho (1976) descreve as rochas ultramáficas da região do baixo São Francisco como uma suíte ofiolítica de direção WNW-ESSE com 50 km de extensão e 10 km de largura, localizada nos estados de Sergipe e Alagoas, entre as cidades de Pão de Açucar e Canindé do São Francisco. Este autor denominou a então recém descoberta suíte ofiolítica de "Complexo Básico Ultrabásico", composto essencialmente por meta-ultrabasito, metabasito, anfibolito, gabro, diorito e granito, localmente com intercalações de metafilito, metarcósio e mármore. Com base nos dados de Brito Neves & Cordani (1973) considerou que o metamorfimo regional que afetou a região deu-se no Brasiliano (670±20 Ma) e o magmatismo ofiolítico inicial há cerca de 983±37 Ma.

Durante os trabalhos do Projeto Baixo São Francisco/Vaza Barris (DNPM-CPRM) Silva Filho et al. (1977, 1979) passaram a referir-se à suíte ofiolítica como "Complexo de Canindé do São Francisco". Mais tarde, Gava et al. (1983) passaram a denominar somente os gabros da região de Canindé de "Suíte Intrusiva Canindé", agrupando as demais rochas no "Complexo Entremontes".

Jardim de Sá *et al.* (1986) consideraram o Domínio Canindé como gerado em um ambiente de arco insular, ressaltando a ocorrência de rochas metavulcânicas félsicas associadas às metavulcânicas máficas e a ausência dos constituintes ultramáficos na seqüência ofiolítica.

Santos et al. (1988) propuseram que as rochas metavulcânicas básicas do Complexo Canindé foram originadas a partir de duas fontes magmáticas, sendo uma de tendência toleítica de baixo potássio (Unidade Novo Gosto) e outra alcalina, que originou a Unidade Gentileza, ou então de fonte única cuja composição mudou ao longo do tempo. O ambiente de colocação seria de arco-vulcânico ou margem continental ativa. Os gabros da Suíte Intrusiva Canindé teriam dois estágios: o primeiro, caracterizado por uma fonte toleítica de baixo potássio e o segundo, com forte tendência alcalina, resultaria da fusão do manto, com contribuição crustal mais acentuada.

Para Oliveira & Tarney (1990) os gabros e as rochas meta-vulcânicas da região de Canindé do São Francisco apresentam semelhança geoquímica com basaltos continentais. O Complexo Canindé seria resultante da remobilização do manto litosférico sub-continental durante algum evento termal no Neoproterozóico.

Já Bezerra (1992), sugeriu para o Domínio Canindé a formação em um ambiente anorogênico intra-continental, ou sin-orogênico de arco. Para a Suíte Gabróica Canindé propôs ambiente sin-orogênico, com assinatura geoquímica toleítica menos acentuada que a de intrusões sin-orogênicas clássicas.

Trompette (1994) interpreta o Complexo Canindé como seqüência ofiolítica ou como produto de magmatismo de arco de ilha. Para este autor, a colisão do Cráton S. Francisco e do Maciço Pernambuco-Alagoas foi precedida pela abertura de um oceano, do qual o Complexo de Canindé é um remanescente. A origem ensiálica da Faixa Sergipana, segundo o autor, foi confirmada por dados gravimétricos e magnéticos. Entretanto não foram reconhecidas feições características de subducção.

Silva Filho (1998) propôs que o Domínio Canindé representa um arco intra-oceânico, pois os metabasaltos estudados são semelhantes aos basaltos primitivos de arco. A Suíte Gabróica Canindé seria contemporânea aos granitóides cálcio-alcalinos brasilianos, tendo sido gerada por materiais de composições diferentes, um de tendência alcalina e o outro toleítico de baixo potássio.

Por sua vez, Seixas & Moraes (2000) concluíram que houve para a Suíte Gabróica de Canindé três pulsos magmáticos distintos. Dois seriam correlatos ao vulcanismo Novo Gosto e Gentileza, e um terceiro teria ocorrido mais tarde gerando os gabros. Esses autores propuseram para o Domínio Canindé um modelo geotectônico que envolve formação de um rifte, vulcanismo basáltico alcalino, plutonismo gabróico e granítico, e deformação compressiva.

As informações acima mostram claramente que não há consenso quanto à origem e evolução do Domínio Canindé. A complexidade lito-estratigráfica e a escassez de dados geocronológicos e isotópicos (Tabela 3.1) levaram a diversas hipóteses, demonstradas de forma não convincente. Assim, a caracterização geoquímica, idades e ambiência dos diversos litotipos do Domínio Canindé continuaram indefinidas.

Domínio	Tipo de Rocha	Método	Idade (Ma)	Referência
Marancó	Metavulcânicas	U-Pb	1045±20 1007±10	Van Schmus et al. (1995)
Poço Redondo	Granito Migmatizado	Sm-Nd	T <sub>DM</sub> =1750	Silva Filho et al. (1997)
Poço Redondo	Granodiorito Pluton Sítios Novos	Sm-Nd	T <sub>DM</sub> =1270	Silva Filho et al. (1997)
Canindé	Quartzo-Sienito Pluton Curituba	Sm-Nd	T <sub>DM</sub> =1590	Silva Filho et al. (1997)
Canindé	Leucogabro Suíte Gabróica deCanindé	Sm-Nd	Т <sub>DM</sub> =940	Silva Filho et al. (1997)
Canindé	Monzogranito Xingó	Sm-Nd	T <sub>DM</sub> =2320	Silva Filho et al. (1997)
Marancó	Metarriolito	Sm-Nd	T <sub>DM</sub> =1200	Silva Filho et al. (1997)
Macururé	Metassedimento	Sm-Nd	T <sub>DM</sub> =1440	Silva Filho et al. (1997)
Sul-Alagoas	Ortognaisse	Rb-Sr	966±1	Silva Filho (1998)
Canindé	Granito Garrote	U-Pb	715	Santos et al. (1998)
Canindé-	Vulcânicas	U-Pb	1040	Silva Filho & Torres
Marancó	Calcioalcalinas	Sm-Nd	T <sub>DM</sub> =1200	(2002)
Canindé- Marancó	Plutônicas Tonalíticas	Sm-Nd	T <sub>DM</sub> =1660-1750	Silva Filho & Torres (2002)
Marancó	Granitóide	Sm-Nd	T <sub>DM</sub> =1300-1710	Silva Filho & Torres (2002)
Marancó	Metassedimentos	Sm-Nd	T <sub>DM</sub> =2070-2230 e 1270-1360	Carvalho & Oliveira (2002)
Canindé	Suíte Gabróica de Canindé	Sm-Nd	T <sub>DM</sub> =970-1000	Nascimento & Oliveira (2002)
Canindé	Granito Lajedinho	Sm-Nd	T <sub>DM</sub> =1210	Nascimento & Oliveira (2002)

Tabela 3.1 – Dados geocronológicos e isotópicos do Domínio Canindé e cercanias.

**I** |

### 4 - GEOLOGIA DO DOMÍNIO CANINDÉ

O Domínio Canindé (Fig. 1.2) é formado pela seqüência de metassedimentos e metavulcânicas da Unidade Novo Gosto e subvulcânicas na Unidade Gentileza que são invadidas pela Suíte Gabróica de Canindé e granitos diversos (Lajedinho, Boa Esperança, Serrota, Sítios Novos, Xingó). Na porção sul do Domínio Canindé ocorrem as unidades mais antigas, do Mesoproterozóico (Carvalho 2005), que correspondem essencialmente a gnaisses e migmatitos do Domínio Poço Redondo. Entre as feições estruturais importantes destacam-se a Zona de Cisalhamento Mulungú-Alto Bonito com movimentação sinistral e direção ESE-WNW, além das falhas de Canindé, do Rio Jacaré e Bonsucesso, todas com orientação NNE-SSW (Fig. 4.1). A Zona de Cisalhamento Mulungú-Alto Bonito marca a transição entre o Domínio Canindé e o Domínio Poço Redondo. É uma estrutura com mergulho vertical, de largura entre 2 e 5 km, formada por proto-milonitos, milonitos e ultra-milonitos, resultantes da deformação das rochas da Unidade Novo Gosto e granitos Boa Esperança, Poço Redondo e Xingó.

De maneira geral o quadro tectono-estrutural da região apresenta pelo menos quatro fases principais de deformação (Fig. 4.2). A fase  $D_1$  deforma as superficies primárias (S<sub>o</sub>) de acamamento, que corresponde ao bandamento composicional das rochas da pilha metavulcanossedimentar da Domínio Canindé. A fase  $D_2$  é caracterizada por dobras do bandamento da fase  $D_1$  e está bem preservada em metassedimentos da Unidade Novo Gosto, cujas camadas mergulham para NE. A fase  $D_3$  é marcante, predomina regionalmente e possivelmente ocorreu em regime dúctil, sendo registrada pelas foliações com direções NW-SE que afetam principalmente os litotipos da Unidade Novo Gosto e os granitos Boa Esperança e Xingó. A esta fase estão relacionadas zonas de cisalhamentos transcorrentes sinistrais (como a Zona de Cisalhamento Mulungú-Alto Bonito), de direção NW-SE e mergulhos de alto ângulo para NE e SW. A fase deformacional  $D_4$ , com características rúpteis corta os litotipos do Domínio Canindé segundo NE-SW e está associada às zonas rúpteis do Rio Jacaré e Bonsucesso com movimentação sinistral.

#### 4.1 - Unidade Novo Gosto

**I** |

A Unidade Novo Gosto tem suas melhores exposições numa faixa alongada que vai das proximidades do Riacho Jacaré até as cercanias do Riacho Cururú, encaixada entre a Zona de Cisalhamento Mulungú-Alto Bonito e a Unidade Gentileza (Fig. 1.2). Com a Zona de Cisalhamento Mulungú-Alto Bonito, especificamente, forma uma mistura tectônica caracterizada pela alternância de bandas félsicas e máficas. Análises de U-Pb (SHRIMP) em zircões detríticos de metassedimento dessa unidade revelaram pelo menos três áreas fonte com idades em torno de 977 Ma, 718 Ma e 679 Ma (final do Ciclo Cariris Velho até o Brasiliano), discutida em detalhe em outra seção.

A Unidade Novo Gosto (Fig. 4.3) é formada essencialmente por metagrauvaca, metapelito, metassiltito, metachert, xisto, grafita-xisto, mármore, rochas cálciossilicáticas e anfibolito, truncados por diques máficos e félsicos, assim como corpos gabróicos ricos em Fe-Ti (Riacho Novo). Nas seções geológicas realizadas no Riacho dos Porcos e Bela Vista (Fig. 4.4), metapelitos e anfibolitos dessa unidade possuem intercalações de leitos de mármore impuro (Fig. 4.5), mergulhando em torno de NW60°/40°NE. Localmente o anfibolito apresenta forte epidotização, que se assemelha à estrutura de *pillow-lavas* deformadas, citadas por Bezerra (1992) (Fig. 4.6). Esse pacote metavulcanossedimentar foi invadido em parte por corpos de quartzo-monzodiorito da Unidade Gentileza (Fig. 4.7) e gabro da Suíte Gabróica de Canindé. O quartzo-monzodiorito apresenta feições de mistura (*mingling*, Fig. 4.8) e filtragem-prensagem (*filter-pressing*, Fig. 4.9) magmática, além de texturas tipo *rapakivi* (Fig. 4.10). Os gabros, por sua vez, apresentam orientação mineral magmática em torno de N50°W/55°SE, textura cumulática e intercalações métricas de norito a gabro-norito.

As rochas metassedimentares (metapelito, metassiltito e metagrauvaca) da Unidade Novo Gosto são de granulação fina a muito fina, apresentam alternância de bandas psamíticas e bandas pelíticas (Figs. 4.2 e 4.11). Os principais constituintes minerais são quartzo, plagioclásio, feldspato alcalino, biotita e muscovita, em menor proporção granada (almandina), clorita, epidoto, turmalina, ilmenita e pirita, assim como zircão e apatita.

Nessas rochas, o quartzo ocorre freqüentemente associado aos feldspatos formando faixas psamíticas. Esses minerais possuem granulação fina e muitas vezes estão recristalizados formando agregados cristalinos com contatos poligonais, alongados segundo a foliação definida por biotita e muscovita. Os fedspatos ocorrem como pequenos grãos formando bandas

siliclásticas com o quartzo ou como pofiroblastos contornados por biotita. A maior parte dos feldspatos destas rochas é plagioclásio (albita), mas em alguns metapelitos domina o fedspato alcalino (microclínio). Em geral estes feldspatos estão sericitizados, poucos são idioblásticos e raramente mostram zoneamento. As granadas que ocorrem nestas rochas são metamórficas (almandina), e freqüentemente ocorrem na forma de porfiroblastos com fraturas preenchidas por clorita. Já as micas (biotita e muscovita) definem a foliação que muitas vezes coincide com o acamamento primário, marcado pelos diferentes níveis composicionais. Cortando esta foliação em baixo ângulo foram observadas estruturas S-C (Fig.4.11) definidas principalmente por alinhamentos de biotita e fedspatos.

Na porção central da área estudada há ocorrências de lentes de mármores e rochas calciossilicáticas intercaladas em metapelito e anfibolito da Unidade Novo Gosto. Os mármores são dolomitos de granulação média, textura nematoblástica com níveis puros e impuros com muscovita. A leste da área estudada, no povoado de Bonsucesso, há também uma ocorrência expressiva de mármores puros associados com anfibolitos da Unidade Novo Gosto. As rochas calciossilicáticas estão em geral associadas a anfibolitos, apresentam granulação fina a média, foliadas, e são compostas por diopsídio, epidoto, microclínio, calcita, granada e escapolita.

O metachert e o grafita-xisto são de pouca expressão na Unidade Novo Gosto. O grafitaxisto, especificamente, ocorre intercalado em rochas calciossilicáticas e anfibolito; em geral apresenta como minerais essenciais quartzo e grafita. A biotita, sericita, turmalina, rutilo e zircão ocorrem como acessórios.

O anfibolito da Unidade Novo Gosto é em geral uma rocha negra e afanítica que apresenta texturas nematoblástica a granoblástica seriada (Fig. 4.12). Os principais contituintes são hornblenda, plagioclásio, quartzo e titanita, com opacos, carbonatos e epidoto subordinados. As texturas primárias estão obliteradas pelo metamorfismo e deformação, entretanto há ocorrência de reliquias de plagioclásio (Fig. 4.13) e piroxênio, além de micro-amígdalas preservadas preenchidas por epidoto, tremolita-actinolita e clorita, que sugerem texturas ígneas primárias. No anfibolito Novo Gosto foram também observados grãos de titanita metamórfica desenvolvida ao redor de opacos, cuja cristalização parece estar relacionada ao evento deformacional  $D_2$ .

## 4.2 - Unidade Gentileza

11

A Unidade Gentileza (Figs. 4.14 e 4.15) estende-se das proximidades do Granito Curituba, a oeste da área de estudo, passando por Canindé do São Francisco, Entremontes, Bonsucesso e Curralinho, até a cidade de Pão de Açúcar no extremo leste da área. Esta unidade foi invadida pela Suíte Gabróica de Canindé, granitos Boa Esperança, Serrota e Xingó e diques máficos (Fig. 4.16). Em geral está em contato com a Unidade Novo Gosto por pequenas zonas de cisalhamentos com direção geral NW-SE. Aparentemente não apresenta claras relações de contato com o Domínio Poço Redondo e o Maciço Pernambuco-Alagoas (PEAL).

Nas proximidades de Canindé do São Francisco a Unidade Gentileza é formada, em essencial, por anfibolito de granulação fina a média com foliação NW40°/80°SW e lineação mineral de 38°/NW50° cortados por diques de diabásio, além de corpos gabróicos restritos e injeções do Granito Xingó (Fig. 4.14a). Mais a leste, nas proximidades de Entremontes, Bonsucesso, Curralinho e Pão de Açúcar, esta unidade apresenta um caráter subvulcânico com rochas de granulação média, composição diorítica, com foliação NW58°/50°NE. Nesta região estas rochas são invadidas por injeções graníticas de quartzo-monzodiorito e quartzo-monzonito, que gradam para rochas porfiríticas de natureza híbrida, com fenocristais de quartzo azul e de feldspato com textura *rapakivi*.

As rochas da Unidade Gentileza estão metamorfisadas em fácies xisto verde, entretanto conservam estruturas primárias, tais como texturas porfirítica, intergranular e subofítica (Figs. 4.17 e 4.18). Os anfibolitos (meta-basalto e diabásio) de granulação fina da Unidade Gentileza sugerem cristalização em níveis rasos com percolação de fluídos hidrotermais. São constituídos por plagioclásio (andesina) fortemente alterados para sericita e epidoto, e cristais de piroxênio ígneo desestabilizado para anfibólio (hornblenda), biotita e clorita, além de cristais de tremolita-actinolita. Entre os minerais acessórios destacam-se: titanita, ilmenita, zircão e apatita. Além destas características petrográficas, estas rochas freqüentemente apresentam veios e vênulas de quartzo-feldspato.

Já o anfibolito de granulação média e caráter subvulcânico apresenta em geral textura porfirítica formada por fenocristais de plagioclásio (oligoclásio-andesina) e feldspato alcalino (microclínio) envoltos em matriz constituída por plagioclásio, quartzo, biotita, fedspato alcalino, ilmenita, titanita e zircão. É freqüente a presença de pertita e antipertita nos fenocristais de feldspatos, algumas vezes com bordas micrográficas (Fig. 4.19). As injeções de quartzo-

monzodiorito que ocorrem nestas rochas apresentam textura porfirítica formada dominantemente por cristais de microclínio, e mais raramente andesina e quartzo. Pelas relações de campo, estas injeções aparentam ser líquidos residuais que se concentram em bolsões mais ricos em cristais de feldspato alcalino devido à segregação magmática, e por alívio de pressão injetam-se nas porções parcialmente cristalizadas, deixando os cristais de feldspato alcalinos orientados pelo fluxo magmático, caracterizando feições de filtragem-prensagem (*filter pressing*). São freqüentes nestas injeções enclaves máficos da rocha hospedeira.

No povoado de Curralinho e vizinhanças aflora quartzo-monzodiorito com textura porfirítica com cerca de 30% de fenocristais de quartzo azul (Fig.4.20) e feldspato alcalino (microclínio). Os cristais de quartzo azul são subédricos e possuem em média 2 a 5 mm de eixo de maior comprimento. Freqüentemente apresentam reentrância de corrosão e sombras de reabsorção. Os cristais euédricos e subédricos de feldspato alcalino apresentam eixo de maior comprimento variando de 3 mm a 1 cm e em geral estão envoltos por plagioclásio caracterizando textura *rapakivi*. É também freqüente a presença de exsolução de albita nos núcleos desses cristais, formando pertita, e exsolução de microclínio nas borda de cristais de plagioclásio, formando antipertita. A matriz é fina e constituída essencialmente por biotita, quartzo, plagioclásio, microclínio, clorita, muscovita e ilmenita, além de titanita e zircão.

Rochas com texturas porfirítica, micrográfica e *rapakivi*, como ocorre freqüentemente na Unidade Gentileza, sugerem que houve percolação de fluídos saturados em sílica por descompressão e mistura de magma de composições contrastantes (máfico-félsico) (Haapala & Rāmö 1999).

#### 4.3 - Suíte Gabróica de Canindé

A Suíte Gabróica Canindé aflora como um corpo alongado na direção E-W, de composição litológica variada, incluindo peridotito, norito, gabro-norito, gabro, troctolito e anortosito, e apresenta localmente feições de diferenciação magmática, como bandamento e textura cumulática.

Sua área aflorante em relação àquela representada na Folha Piranhas (Santos *et al.* 1988), e no Mapa Geológico do Estado de Sergipe (Santos *et al.* 1998), é bem menor, em razão desses autores terem incluído rochas subvulcânicas da Unidade Gentileza. Sua área de exposição real é da ordem de 26 km de comprimento por 1 a 4 km de largura. Em superfície apresenta forma "amendoada" cuja porção mais larga está a oeste da Falha do Rio Jacaré. Nesta região aflora a maior parte dos litotipos da suíte e o bandamento magmático apresenta em geral orientação NE60°/70°SE.

**!** |

Em afloramento, suas rochas não apresentam sinais visíveis de deformação, apesar de estarem, em sua parte mais larga (a NW de Poço Redondo), em contato com a Zona de Cisalhamento Mulungú-Alto Bonito. Localmente (estradas Poço Redondo-Curralinho e nas fazendas Santa Maria e Quiriba) nota-se alguma deformação, sugerindo que esta suíte poderia ser anterior ao episódio cisalhante D<sub>3</sub>. Sobre este assunto, Oliveira & Tarney (1990) afirmaram que o aspecto pouco deformado da suíte, em comparação com o pacote de rochas vulcano-sedimentares da Unidade Novo Gosto, sugere uma colocação intrusiva daquela neste pacote, já antes deformado. Mas, este fato não seria conclusivo, porque a pouca deformação da suíte poderia ser explicada pela natureza de suas rochas (gabróicas, de granulação grossa e frescas), que seriam mais resistentes à deformação do que o pacote encaixante, formado por intercalações de rochas mais finas e diversificadas. Análises U-Pb (SHRIMP) em zircões revelaram idades em torno de  $690 \pm 16$  Ma para gabro-pegmatítico da suíte, corroborando com a idéia de que a suíte seja anterior ao evento de cisalhamento D<sub>3</sub> e em parte concomitante com as rochas da Unidade Gentileza e Novo Gosto.

Mesmo não sendo um corpo claramente estratiforme, os dados de campo e petrográficos sugerem a individualização deste corpo em duas partes principais caracterizadas como base e topo, com base nas observações de campo e em análises de litoquímica e química mineral realizadas por Oliveira e Tarney (1990) e Bezerra (1992). A base aflora na porção mais larga da suíte, ao longo da estrada que liga Canindé do São Francisco a Poço Redondo. É formada por peridotito, olívina-norito, olivina-gabro e gabro-norito, de granulação média e grossa, que apresentam orientação magmática de cristais de plagioclásio e bandamento composicional dado por leitos de gabro e gabro-norito intercalados (Fig. 4.21), como por exemplo no Riacho Bela Vista, onde o gabro apresenta grãos de plagioclásio orientados magmaticamente em torno de NW50°-55° e intercalações métricas de gabro-norito de granulação mais grossa, com textura cumulática e poiquilítica, destacando intercúmulos formado por cristais de piroxênio e plagioclásio.

O topo da suíte, por sua vez, aflora ao sul da cidade de Canindé do São Francisco, estendo-se para leste na direção do povoado de Curralinho, ao longo do Riacho Salidrado. É

constituída por troctolito, anortosito, gabro-norito, gabro e gabro-pegmatóide de granulação grossa e com textura intergranular. Fazem parte também deste conjunto, pequenos corpos alongados de gabro com fino bandamento magmático concordante com a foliação da Zona de Cisalhamento Mulungú-Alto Bonito.

As rochas da Suíte Gabróica de Canindé mostram composição que varia desde tipos ultramelanocráticos (piroxênio-peridotito) passando a mesocráticos (olivina gabro-norito, olivinagabro, gabro-norito, gabro e gabro-pegmatítico) até leucocráticos (leuco-troctolito e anortosito). Em geral estas rochas apresentam texturas subofítica, ofítica, cumulática e adcumulática, caracterizadas pelo arranjo dos cristais de plagioclásio, olívina e piroxênio (Fig.4.23), freqüentemente ocorrem cristais de hornblenda e biotita. Sistematicamente as rochas da suíte gabróica foram afetadas por metamorfismo de baixo grau, provavelmente relacionado às zonas de falhas NE, sendo também comum minerais compatíveis com a fácies xisto verde, como tremolitaactinolita, clorita, epidoto, serpentina e talco.

## 4.4 - Granitos Intrusivos do Domínio Canindé

No Domínio Canindé os granitos Lajedinho, Serrota e Boa Esperança invadem principalmente a Unidade Gentileza. Entre eles, o de maior expressão superficial é o Boa Esperança situado nas porções NE e NW da área.

O Granito Boa Esperança (Fig. 4.22a) corresponde a monzogranitos de granulação média a grossa, leucocráticos e porfiríticos, com fenocristais dominantemente de álcali-fedspato (microclínio) (Figs. 4.24 e 4.25) e matriz formada por álcali-fedspato (40%), plagioclásio (30%), quartzo (15%) e biotita (10%) (Fig. 4.26), em menor proporção ocorrem muscovita, hornblenda, titanita, ilmenita e zircão. Ocorre em íntima associação com as rochas da Unidade Gentileza, formando uma rocha híbrida, porfirítica, de composição dominantemente quartzo-monzonítica, onde o conteúdo da biotita oscila entre 15 e 20%. Esta associação sugere mistura magmática, formada por magma básico, subvulcânico, ligado ao evento que originou a Unidade Gentileza, e outro ácido, relacionada ao magmatismo Boa Esperança. No campo, a principal evidência desta mistura é a existência de megacristais de ortoclásio em meio a uma matriz afanítica de composição máfica. Algumas vezes esses megacristais estão envolvidos por uma fina capa de oligoclásio, constituindo textura *rapakivi* (Fig. 4.27). A matriz apresenta evidências de recristalização chegando à fácies xisto verde, expressas por transformações do tipo uralitização, biotitização, cloritização e saussuritização.

 $\mathbf{I} = \mathbf{I}$ 

O Granito Serrota, situado na parte NW da área, destaca-se na topografia (Morro da Serrota) e difere do Granito Boa Esperança pela estrutura. O Granito Serrota está intensamente deformado, apresentando estrutura gnáissica (Fig. 4.28) com bandas de composição granodiorítica com biotita (5%) e pequenos encraves de anfibolito. A foliação tem direção NW56°/70°SW e a lineação formada por grãos de feldspato alcalino (microclínio) apresenta direção geral para NW-SE. Localmente esses grãos não estão deformados, indicando uma orientação de fluxo paralela à foliação S<sub>2</sub>.

O Granito Lajedinho aflora nos arredores da Barragem Xingó (Fig. 4.22b) e corresponde a monzogranito e granodiorito, fíricos, de granulação grossa, com fenocristais de plagioclásio e matriz com quartzo, microclínio, biotita e hornblenda (Fig. 4.29). Em geral apresenta foliação em torno de NW60°/70°SW e, por vezes, exibem estrutura de fluxo magmático, representada pela orientação de encraves de anfibolitos orientados NW-SE. No Riacho dos Porcos (Fig. 4.22c) há evidência de mistura magmática entre os anfibolitos tipo Gentileza e injeções félsicas que resultam em rochas semelhantes ao Granito Lajedinho.

Há também corpos intrusivos menores que cortam os diversos litotipos do Domínio Canindé, como por exemplo, o que ocorre nas proximidades das fazendas Quiriba e Camará, intrusivo na Suíte Gabróica de Canindé. São granitos de granulação grossa, porfiríticos com fenocristais de fedspato potássico (microlínio), plagioclásio e quartzo (Fig. 4.30), freqüentemente com hornblenda e biotita, além de encraves básicos (Fig. 4.22d). Estes granitos formam corpos alinhados, aparentemente lenticulares em superfície, na direção NW, cortam claramente os gabros da Suíte Gabróica de Canindé e foram correlacionados aos granitos tipo Sítios Novos (Silva Filho 1998) que ocorrem mais sul no Domínio Poço Redondo.

O Granito tipo Xingó também invade as rochas do Domínio Canindé. São leuco-granitos (biotita granito, muscovita granito e turmalina-muscovita granito) de cor rosa, granulação fina a média que cortam as unidades Novo Gosto e Gentileza e demais granitos como diques e aplitos.



Figura 4.1 – Domínio Canindé com as principais direções estruturais (Imagem LANDSAT ETM+). ZRC: Zona Rúptil Canindé, ZRJ: Zona Rúptil Jacaré e ZRBS:Zona Rúptil Bom Sucesso.



Fugrua 4.2 – Rochas metassedimentares da Unidade Novo Gosto. (a) Metapelito destacando a alternância composicional de níveis psamíticos e pelíticos. (b) Metapelito com superfície deposicional ( $S_0$ ) dobrada pelas fases de deformação que ocorrem no Domínio Canindé.



Figura 4.3 – Rochas da Unidade Novo Gosto (a) Aspecto geral da pilha metavulcanossedimentar. (b) Detalhe do contato entre nível metassedimentar (na porção inferior da foto) e o nível ígneo formado por anfibolito. (c) Metassiltito intercalado em anfibolito. (d) Detalhe do nível de anfibolito com pequenas amígdalas preenchidas por epidoto e clorita.



Figura 4.4- Perfil geológico esquemático do Riacho Bela Vista, destacando relações de campo das rochas metavulcanossedimentares da Unidade Novo Gosto com a Suíte Gabróica de Canindé.



Figura 4.5 - Anfibolito da Unidade Novo Gosto com lentes de mármore. Riacho dos Porcos.


Figura 4.6 – Anfibolito da Unidade Novo Gosto com porções fortemente epidotizadas formando estruturas semelhantes a *pillow-lavas* deformadas.





Figura 4.7 – Nível de metassedimento da Unidade Novo Gosto "aprisionado" dentro do quartzo-monzodiorito da Unidade Gentileza.



Figura 4.8 – Feições de mistura magmática (*mingling*) entre anfibolito e quartzo-monzodiorito da Unidade Gentileza, destacando enclaves máficos envoltos numa matriz félsica com megacristais de feldspato alcalino.



Figura 4.9 – Feições de filtragem e prensagem (*filter pressing*) mostrando injeção de cristais de feldspato alcalino em anfibolito da Unidade Gentileza.



Figura 4.10 - Fotomicrografia em quartzo-monzodiorito com textura *rapakivi* (grãos de microclínio envolto por andesina).



Figura 4.12 - Fotomicrografia em anfibolito da Unidade Novo Gosto destacando grão de hornblenda sigmoidal.



Figura 4.11 - Fotomicrografia de metapelitos com textura lepidoblástica e níveis psamíticos com estruturas S-C.



Figura 4.13 - Fotomicrografia em anfibolito da Unidade Novo Gosto destacando fenocristal reliquiar de plagioclásio.



Figura 4.14 – Rochas da Unidade Gentileza. (a) Anfibolito com injeções do Granito Boa Esperança (Estrada entre Canindé e Barragem Xingó). (b) Bandas de anfibolito Gentileza dentro do Granito Boa Esperança (Riacho Capiá). (b) Quartzo-monzodiorito cortado pelo Granito Xingó (Cidade de Piranhas). (d) Detalhe do quartzo-monzodiorito de Piranhas mostrando textura porfirítica com fenocristais de feldspato alcalino formando uma foliação incipiente.



Figura 4.15 – (a) Aspecto geral do anfibolito Gentileza no Riacho Capiá. (b) Detalhe de níveis de anfibolito e diorito da Unidade Gentileza com injeções félsicas, algumas vezes dobradas. (c) Anfibolito Gentileza invadido pelo Granito Boa Esperança (Riacho Capiá). (d) Detalhe de diorito da Unidade Gentileza com injeções do Granito Boa Esperança (Riacho Cururú).



Figura 4.16 – (a) Quartzo-monzodiorito de Piranhas cortado por dique máfico. (b) Suíte Gabróica Canindé com enclaves de anfibolito Gentileza. (c) Detalhe da relação de contato entre o anfibolito (porção inferior esquerda da foto) e diorito da Unidade Gentileza e Granito Boa Esperança.



Figura 4.17 - a) Anfibolito da Unidade Gentileza com textura intergranular; Figura 4.18 - b) Anfibolito da Unidade Novo Gosto com textura porfirítica, destacando fenocristal de plagioclásio; Figura 4.19 - c) Detalhe da textura mimerquítica em quartzo-monzodiorito da Unidade Gentileza; Figura 4.20 - d) Detalhe do fenocristal bipiramidal de quartzo azul em monzodiorito da Unidade Gentileza.



Figura 4.21 – (a) e (b) Suíte Gabróica de Canindé destacando bandamento magmático com níveis de gabro e gabro-norito intercalados.



Figura 4.22 – Granitos do Domínio Canindé. (a) Visão panorâmica do Granito Boa Esperança no Riacho Capiá. (b) Granito Lajedinho destacando encraves orientados de anfibolito. (c) Riacho dos Porcos com mistura magmática resultando em rochas semelhante ao Granito Lajedinho. (d) Granito tipo Sítios Novos destacando encrave de anfibolito.



Figura 4.23- a) Aspecto geral da textura subofítica em olivina-gabro (Suíte Gabróica Canindé); Figura 4.24 - b) Granito Boa Esperança, aspecto geral da textura granular hipidiomórfica; Figura 4.25 - c) Detalhe do cristal de alcáli fedspato (microclínio) no Granito Boa Esperança; Figura 4.26 - d) Biotita, opacos (ilmenita) e titanita no Granito Boa Esperança.



Figura 4.27 - a) Fenocristal de microclínio envolto por plagioclásio (textura *rapakivi*) em quartzo-monzodiorito, mistura magmática da Unidade Gentileza e Granito Boa Esperança; Figura 4.28 - b) Aspecto geral do Granito Serrota que corresponde a uma fácie mais deformada do Granito Boa Esperança; Figura 4.29 - c) Aspecto geral do leuco-granito Lajedinho; Figura 4.30 - d) Textura porfirítica no Granito Sítios Novos com fenocristais de feldspatos zonados.

## 5- GEOQUÍMICA DO DOMÍNIO CANINDÉ

#### 5.1- Unidade Novo Gosto

#### 5.1.1- METASSEDIMENTOS

Apesar da complexidade dos processos geológicos que incluem erosão (química e física), transporte, deposição, litificação e diagênese, o estudo dos sedimentos e fracionamento geoquímico dos elementos maiores, traços e elementos terras raras (ETR) é essencial no entendimento da evolução da crosta continental e na avaliação de áreas fonte (Dickinson & Suzeck 1979, Taylor & McLennan 1985, Condie 1991, Plank & Langmuir 1998).

Sedimentos de granulação fina e maturos são em geral usados para representar a composição de segmentos continentais. Elementos maiores, como K, Na, Rb e Sr devem ser usados com cautela, pois são mobilizados durante a sedimentação e/ou metamorfismo. Outros elementos, tais como elementos terras raras (ETR), Th, Sc e Y, são menos fracionados durante a sedimentação e dão melhor informação a respeito das áreas fonte (Taylor & McLennan 1985).

Plank & Langmuir (1998), estudando sedimentos marinhos recentes, mostram que os elementos alcalinos (K, Rb e Cs) e de alto potencial iônico *High Field Strength* (Ti, Nb, Hf, Zr) em geral enriquecem-se nas fases detríticas de turbiditos (argila pelágica rica em illita e/ou caolinita, detritos vulcanoclásticos, mistura de carbonatos e detritos continentais ricos em rutilo e zircão, nódulos enriquecidos em Mn, Zr e Hf). O Th associa-se freqüentemente à fase detrítica em turbiditos próximos a margens continentais, mas pode estar enriquecido na fase hidrógena de sedimentos marinhos mais profundos associado com Fe e Mn. O U é na maior parte das vezes associado à fase detrítica (continental ou vulcânica), mas também depende do suprimento orgânico com os quais forma complexos solúveis. O Ba está relacionado com barita biogênica e componentes hidrotermais. Já Sr e Pb são identificados na crosta continental superior como resultado do balanceamento entre a diluição biogênica e o enriquecimento por fases marinhas (detritos continentais e vulcanoclásticos, carbonato biogênico).

A solubilidade dos elementos é outro fator a se considerar no estudo de rochas sedimentares. O Zr, por exemplo, é fortemente disperso em sedimentos clásticos. O tempo de residência dos elementos químicos em meio aquoso é também um fator importante, pois as rochas sedimentares refletem as condições em que foram depositadas e o material em suspensão pode influenciar substancialmente o padrão dos elementos terras raras (Taylor & McLennan 1985, Goldestein & Jacobsen 1988).

No estudo da geoquímica dos sedimentos as razões La/Th, Th/Sc, Th/Co, La/Co, Ba/Sc, Ba/Co e Ti/Nb são índices de diferenciação química e indicadores de proveniência. O La e Th, por exemplo, são mais abundantes nas rochas félsicas do que nas máficas, o oposto acontece com elementos como Sc e Co. Um outro exemplo é a razão Ti/Nb que, quando baixa (<100), pode significar herança de rochas vulcânicas félsicas (Bhatia 1983). O Nb freqüentemente associa-se com Ta, Ti e Zr, por ter raio iônico similar a estes elementos e a sua abundância pode ser controlada por minerais como o rutilo, ilmenita e cassiterita. Além disso, pode ser incorporado em vários silicatos (titanita, zircão, hornblenda e biotita) (Dickinson & Suzeck 1979, Rollinson 1993).

ΓI

Este entendimento do comportamento geral dos principais elementos químicos nos processos sedimentares é essencial na avaliação dos resultados obtidos por FRX para as rochas de origem sedimentar da Unidade Novo Gosto. A partir da análise petrográfica foram selecionadas 17 amostras (Anexo A) e os resultados estão apresentados na Tabela 5.1. São rochas de granulação fina classificadas petrograficamente de metagrauvaca, metarenito, metassiltito e metapelito. Quanto aos elementos maiores em geral são tipos relativamente ricos em SiO<sub>2</sub> (58-78%), Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (11-16%) e álcalis Na<sub>2</sub>O e K<sub>2</sub>O (2-5%), pobres em CaO (1-3%), MnO (0,02-0,24%), MgO (0,3-3%), P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (0,05-0,3%) e TiO<sub>2</sub> (0,1-0,7%), e com variados valores de Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (1-7%). No entanto, embora exista um padrão no comportamento geoquímico dessas rochas, existem variações composicionais destacáveis pelos teores nitidamente mais elevados de Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (8-15%), TiO<sub>2</sub> (2,23-2,91%), Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (21,73%), MgO (5-6%), CaO (6-8%) ou baixos em SiO<sub>2</sub> (45-49%) e K<sub>2</sub>O (0,26%).

Analisando a distribuição dessas rochas nos diagramas que relacionam  $K_2O/Na_2O$  versus  $SiO_2/Al_2O_3$  (Fig. 5.1) e  $(Na_2O + CaO)/K_2O$  versus  $SiO_2/Al_2O_3$  (Fig. 5.2), constata-se que há variações composicionais no conjunto. As amostras concentram-se no campo composional das grauvacas, com variações para arcóseos, argilitos e pelitos, o que é compatível com as observações de campo, onde estas amostras apresentam níveis de composição e granulação distintos, em geral leitos quartzo-feldspáticos com intercalações de leitos pelíticos.

No diagrama (Na<sub>2</sub>O+CaO)/K<sub>2</sub>O versus SiO<sub>2</sub>/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (Fig. 5.2), para fins de comparação, além das amostras da Unidade Novo Gosto, foram também colocadas algumas médias de metassedimentos com composição, idade e ambiência distintas. Observamos que há variações quanto à delimitação dos campos no diagrama, algumas médias, como por exemplo, as

composições de grauvacas (Taylor & McLennan 1985) situam-se dentro e fora do campo composicional estabelecido para grauvacas. Além disso, existe uma tendência dos metassedimentos da Unidade Novo Gosto a se aproximarem de composições de rochas e sedimentos associados a arco magmático, mas isto não é conclusivo, visto que sedimentos podem refletir composições semelhantes em ambientes tectônicos distintos (Plank & Langmuir 1998).

Os Diagramas de Harker (Fig. 5.3) também refletem os diferentes níveis composicionais observados no campo. Há rochas com baixos valores de  $SiO_2$  (<60%) e teores elevados de  $TiO_2$  (>2%) e MgO (>5%) que sugerem contribuições de rochas máficas, como os anfibolitos da Unidades Novo Gosto.

Nos diagramas de proveniência de rochas sedimentares das figuras 5.4 e 5.5 estas rochas também ocupam o campo das rochas com protólitos ígneos máficos. Entretanto há uma tendência a dominar proveniência de rochas intermediárias a félsicas e até de rochas sedimentares quartzosas.

Os elementos menores e traços (Tab. 5.1) apresentam, com exceção das amostras CRN-76c, 88d e 143a que correspondem a metagrauvacas, teores de Ba variando entre 454-1567 ppm, Th entre 8,3-20,9 ppm, Sr entre 50-341 ppm e Zr entre 37-231 ppm. No diagrama de multielementos (Fig. 5.6), com exceção das metagrauvacas, os padrões dos metassedimentos estudados são semelhantes, sustentando a interpretação de que estas características geoquímicas devem corresponder à dos protólitos sedimentares, apesar do metamorfismo subseqüente. Em geral apresentam um relativo enriquecimento em Th e baixos teores de Nb, Ti e Sr.

Ao comparar amostras dos metassedimentos Novo Gosto (amostras CRN-84 e 90d, Tab. 5.1) com composições da crosta continental de Taylor & McLennan (1985) e média de sedimentos de arco magmático de Plank & Langmuir (1998), observamos grandes semelhanças nos padrões geoquímicos (Fig.5.7a), não havendo como diferenciar sedimentos de arco magmático da média da crosta continental.

Elementos como o Th, Nb, Ti e Zr são controlados pelo aporte detrítico proveniente da crosta continental (Plank & Langmuir 1998). O Th em especial é mais abundante em rochas félsicas. Ao comparar as amostras (CRN-84 e 90d) com os granitos Lajedinho e Poço Redondo e anfibolitos da Unidade Novo Gosto (Fig. 5.7b) observamos semelhanças nas assinaturas geoquímicas com os granitos, sugerindo que a maior contribuição possa ter vindo de fonte félsica semelhante a granitos.

As amostras CRN-76c, 88d e 143a (Tab. 5.1) que correspondem a metagrauvacas, apresentam padrões distintos no diagrama de multielementos da figura 5.6. As amostras CRN-76c e 143a apresentam baixos teores de Ba, Rb, K e Th. A amostra CRN-76c destaca-se ainda por apresentar baixos teores de Zr (61 ppm) e Y (1,6 ppm). A CRN-210a que corresponde a metapelito migmatizado destaca-se das demais por apresentar um alto teor de Pb (42 ppm). Essas diferenças nos padrões sugerem que elementos como Ba, Rb, K e Pb podem ter sido mobilizados durante alterações sofridas por estas rochas, o Zr e Y podem estar refletindo alimentação de detritos a partir de fontes distintas das demais amostras. Ao comparar as amostras CRN-88d e 143a (Tab. 5.1) com os granitos Lajedinho e Poço Redondo e anfibolito da Unidade Novo Gosto (Fig. 5.7c) observamos que ao contrário do grupo principal, estas rochas aproximam-se mais da assinatura dos anfibolitos, sugerindo uma maior contribuição deste tipo de fonte.

1.1

O diagrama Nb (ppm) *versus* Ti (%) (Fig. 5.8a) dos metassedimentos da Unidade Novo Gosto mostra que teores de Nb variam entre 7-17 ppm. O Ti apresenta um grupo dominante com valores em torno de 0,5%, e outro (amostras CRN-76c, 88d, 101c e 143a) com valores entre 0,6-1,7%. No diagrama da Fig. 5.8b que relaciona Zr (ppm) *versus* Ti/Nb, esses dois grupos também aparecem individualizados. No grupo principal, a razão Ti/Nb varia entre 144-287, já as amostras que destacam-se deste grupo apresentam teores mais elevados entre 500-1163. Na Fig. 5.8c as amostras definem uma tendência de diminuição das razões de Ti/Nb com o aumento de SiO<sub>2</sub>. As baixas razões Ti/Nb nos metassedimentos da Unidade Novo Gosto sugerem proveniência de rochas intermediárias a félsicas. O grupo formado pelas amostras CRN-76c, 88d e 143a forma um grupo distinto das demais amostras; as razões mais elevadas de Ti/Nb e a imaturidade das amostras podem significar herança de rochas vulcânicas de composição máfica. Os constituintes minerais como hornblenda, biotita e zircão podem estar controlando o conteúdo de Nb e reforçam a idéia de proveniência de rochas vulcânicas máficas.

Os diagramas ZI/Cr versus MgO e ZI/Ni versus MgO (Figs. 5.9a e b) refletem a proveniência máfica versus félsica nos sedimentos. As amostras CRN-76c, 88d e 143a, apresentam valores mais elevados de MgO (>4%), sugestivo de origem máfica. Nos diagramas que relacionam as razões Cr/Th versus Th/Sc e Th/Sc versus Sc (Fig.5.10), essas amostras são exceções, sendo que a maioria dos metassedimentos estudados apresenta valores compatíveis com rochas de composições félsicas. Já a relação Ni e Cr (Fig. 5.11a), que também pode refletir

origem máfica ou félsica, sugere para os metassedimentos da Unidade Novo Gosto origem félsica pós-Arqueana.

1

No diagrama que relaciona La e Th (Fig. 5.11b), a maior parte dos metassedimentos da Unidade Novo Gosto apresenta razões La/Th >2, concentrando-se dominantemente no campo dos sedimentos com composição essencialmente continental. O mesmo acontecendo nos diagramas discriminantes triangulares La-Th-Sc e Th-Sc-Zr (Fig. 5.12). Portanto, conclui-se que grande parte dos sedimentos é proveniente de áreas fonte de caráter químico continental com composições máficas e félsicas que podem corresponder às rochas do próprio Domínio Canindé, como anfibolito da Unidade Novo Gosto, rochas da Unidade Gentileza e granitos Boa Esperança e Lajedinho.

# Tabela 5.1 - Análises de FRX em Metassedimentos da Unidade Novo Gosto.

1.1

-

1

.

Amostra Litotipo	1 CRN-76c metagrativaca	2 CRN-82 metapetito	3 CRN-83 metapeito	4 CRN-84 metapelito	5 CRN-88d metagrauvaca	6 CRN-845 metapelito	7 CRN-90c metapelito	8 CRN-90d metapelito	9 CRN-1010 metapelito	10 CRN-143a metagrauvaca	11 CER-146b metarenito	12 CRN-190 metapetito	13 CRN+191 metapelito	14 CRN-169 metapelito	15 CRN-145 metarcnito	16 CRN-210a peiro micmatizado	17 CRN-3 metarei
(%)																<b>-</b>	
SiO2	45,02	74,76	74,02	61,92	49,93	69,52	64,06	62,55	58,9	48,87	72,84	66,92	59,35	64,93	78,06	67,92	74,5
TiO <sub>2</sub>	2,23	0,27	0,29	0,64	2,91	0,53	0,77	0,85	1,01	2,86	0,46	0,5	0,85	0,77	0.23	0,64	0,3
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	21,73	13,31	13,28	16,5	13,58	14,14	15,82	16,77	19	14,01	12,86	15,53	17,17	15,8	13,01	15,26	11,2
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	8,93	2,43	2,43	6,9	13,88	3,52	6,79	4,61	6,97	15,05	3,72	4,68	7,42	5,99	1,32	4,81	4,22
MnO	80,0	0,09	0,09	0,08	0,24	0,07	0,13	0,23	0,09	0,19	0,12	0,13	0,12	0.12	0.02	0,08	0,24
MgO	6,32	0,34	0,35	3,09	5,47	1,05	2,7	1,81	1,91	5,79	0,76	2,31	3,53	2,51	0,5	1,23	0,86
CaO	8,15	1,07	1,06	1,99	7,43	3,19	2,03	7,15	2,57	8,14	2,51	1,55	1,94	1,69	1,08	1,03	1,51
Na <sub>2</sub> U	1,19	3,72	3,75	2,29	3,15	2,76	3,16	1,27	2,35	3,87	3.2	1,21	2,54	5,33	1,68	3,29	1,96
K₂O	5,62	3,13	3,1	3,87	0,81	3,49	2,06	2,87	5,68	0.28	1,8	4.5	3,33	1,64	2,91	4,27	4,08
P₂O₅	0,07	0,05	0,05	0,19	0,38	0,15	0,21	0,33	0,22	0,3	0,11	0,15	0,25	0,18	0,05	0,1	0,05
P.F.(1000	1,09	0,71	0,79	1,86	2,18	1,44	2,47	2,07	1,4	0,38	1,4	2,17	2,37	0,96	1,46	0,85	0,4
Soma	100,43	99,65	99.21	99,33	<b>99,9</b> 6	99,86	100.2	100,51	100,1	99,74	99.88	99,65	98,87	99,92	100,32	99,48	<b>8</b> 8'35
(ppm)																	
Ba	577	1563	1567	996	330	910	643	454	1392	149	555	826	1538	1056	193	1070	1421
Ce	25	35	33	33	43	48	39	83	55	23	49	71	38	42	72	60	69
Cr	128	4,3	5,2	40	48	32	709	1/6	74	51	6,7	45	68	64	6,1 ~11	51	18,9
US Cu	13 1	65	7	28.1	70	31	52	41	93	133	11.6	22.5	34	23.3	58	20	72
Ga	22.3	12.1	11.9	17.5	25.8	11.6	19,5	14.8	19.2	21,5	12	17,4	18.8	16,2	14	19,7	13
La	6	12	. 12	13	20	21	21	39	24	11	23	29	18,6	21	27,1	25,1	33
Nb	8,2	8	8,2	9,5	17,2	9,5	16,3	18,2	8,6	13,9	7,2	12,1	13,2	12,3	17,1	15,4	8,4
Nđ	13	10	9	19	30	19	13	27	33	22	22	37	16	15	33	27	33
Ni	78	<1	4,3	17,2	31	10,4	55	56	20,1	28,1	<1	17,6	26,1	29,4	<1	18,4	13,3
Pb	4,5	11,1 7e	12,1	47,4	3,7 18	19,3	14,5	7,9	14,4	4,9	5,9	10	106	15,4	4,0 03	42 107	5,0
RD Se	17	6	7	10	9	9	7	14	13	39	10	8	10	43	5	8	10
Sn	5	š	3	3	<3	4	<3	4	6	<3	<3	4	<3	<3	<3	6	6
Sr	217	147	148	144	254	144	188	341	136	315	91	142	233	182	50	172	100
Th	1,5	10,6	11,5	9,6	2,5	9,8	10,7	8,4	8,3	1.9	7,5	10,2	9	8,8	20,9	10,4	9,3
U	<2	<2	<2	<2	<2	<2	2	2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	4	3	<2
V	382	5	5,7	126	398	91	111	122	187	382	33	67	133	141	11,8	70	68 05
Ϋ́	1,6	26,5	27,3	20,3	45	19,3	30	20,7	24,1 75	32	3U 30 3	33	27,4	30	285	3∠ 128	30 253
<u>∠</u> ∩ 7:	74 61	179	179	130	259	49	167	177	188	176	156	182	150	151	216	231	135
2	<b>U</b> .	115		750	200	107	107										
										6 DP	0.20		1.00	0.02	E 40		
La/Sc	0,35	2,00	1,/1	1,30 3 2 E	2,22	2,33	3,00	2,79	1,85	U.20 3.45	∠,30 23.28	3,53 4,04	2.21	2,63 2,36	5,42 35.41	3,14 4 53	3,30 7 14
ZI/CI Cr(Th	0,40 85.11	41,03	0 45	3,23 4 17	19 20	3.27	10.19	20.95	8.92	26.84	0.89	4,41	7,56	7,27	0.29	4,90	2.03
La/Th	4.00	1,13	1.04	1,35	8.00	2,14	1,96	4,64	2,89	5,78	3,06	2,84	2,06	2,39	2,60	2,41	3,55
Th/Sc	0.09	1,77	1.64	0,96	0,28	1,09	1,53	0,60	0,64	0,05	0,75	1,28	0,90	1,10	4,18	1,30	0,93
Sc/Cr	0,13	1,40	1,35	0,25	0,19	0,28	0,06	0,08	0,18	0.76	1,49	0,18	0,15	0,13	0,82	0,15	0,53
La/Y	3,75	0,45	0,44	0,64	0,44	1,09	0,70	1,46	1,00	0,34	0,77	88,0	0,68	0,70	0,90	0,78	0,92
Ti/NÞ	1162,44	144,26	151,17	287,96	723,17	238,47	201.92	199,63	502,00	879,49	273,09	176,63	275,25	267,59	57,49	177,64	152,66



Figura 5.1- Diagrama classificatório de rochas sedimentares (Condie et al. 1991) com dados do Domínio Canindé.



Figura 5.2- Diagrama classificatório (Garrella & Mackenzie 1971) com a delimitação de campos composicionais de rochas sedimentares, demonstrando o comportamento dos metassedimentos do Domínio Canindé.(A)Quartzo arenitos; (B)Arenitos; (C)Grauvacas; (D) Argilitos; (E)Rochas Carbonáticas.



ιı

ł



Figura 5. 4 - Diagrama químico definido pelas funções discriminantes F1 e F2 de Roser & Korsch (1988) com dados dos metassedimentos da Unidade Novo Gosto.  $F_1$ =-1,773 TiO<sub>2</sub>+0,607 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>+0,76 Fe<sub>2</sub>O<sub>3 (total)</sub> -1,5 MgO+0,616 CaO+0,509 Na<sub>2</sub>O-1,224 K<sub>2</sub>O-9,09; F<sub>2</sub>= 0,445 TiO<sub>2</sub>+0,07 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-0,25 Fe<sub>2</sub>O<sub>3(total)</sub>-1,142MgO+0,438 CaO+1,475 Na<sub>2</sub>O+1,426 K<sub>2</sub>O-6,861.



Figura 5. 5 - Diagrama químico definido pelas funções discriminantes F1 e F2 de Roser & Korsch (1988) com dados dos metassedimentos da Unidade Novo Gosto.  $F_1=30,638TiO_2/Al_2O_3 - 12,541Fe_2O_{3(total)}/Al_2O_3 + 7,329MgO/Al_2O_3+12,301Na_2O/Al_2O_3+1,426K_2O-6,861; F_2=56,500TiO_2/Al_2O_3-10,879Fe_2O_{3(total)}/Al_2O_3+30,875$ MgO/Al\_2O\_3-5,404Na\_2O/Al\_2O\_3+11,112K\_2O/Al\_2O\_3-3,89. 63 '







Figura 5.7 - Diagramas de multielementos comparando os metassedimentos da Unidade Novo Gosto com diversas composições, normalizados pelo manto primitivo (Sun & McDonough 1989).









Figura 5.9 - Diagramas Zr/Cr e Zr/Ni *versus* MgO (%) que refletem a natureza máfica versus félsica das rochas metassedimentares da Unidade Novo Gosto.



Figura 5.10 - Diagramas Cr/Th versus Th/Sc (a) e Th/Sc versus Sc (b), com dados dos metassedimentos da Unidade Novo Gosto.



Figura 5.11- (a) Diagrama Cr versus Ni (Taylor & McLennan 1985) destacando os metassedimentos da Unidade Novo Gosto como sedimentos Pós-Arqueanos; (b) Diagrama La versus Th (Bhatia & Crook 1986) onde a maioria dos metassedimentos estudados ocupa o campo composicional dos sedimentos de origem continental.



Figura 5.12- Diagramas discriminantes para grauvacas La-Th-Sc (a) e Th-Sc-Zr/10 (b) de Bhatia & Crook (1986), com dados dos metassedimentos da Unidade Novo Gosto, mostrando que a maioria das rochas metassedimentares assemelham-se a sedimentos de margem continental destrutiva.

### 5.1.2 - ANFIBOLITOS

ιı

Os anfibolitos da Unidade Novo Gosto correspondem a rochas de granulação fina formadas essencialmente por hornblenda e plagioclásio, subordinadamente quartzo, titanita, ilmenita e zircão, além de minerais hidratados como epidoto, clorita e sericita. Em geral estão intercalados com níveis de origem sedimentar. A distinção dos protólitos ígneos destas rochas é complexa, visto que anfibolitos cobrem um amplo intervalo de condições metamórficas e podem ser originados pela recristalização de rochas ígneas básicas, metamorfismo de sedimentos margosos ou interações metassomáticas de camadas sedimentares contrastantes (Yardley 1989).

Elementos como Cr, Ni e Ti são classicamente usados como indicativos de proveniência de anfibolitos (Orville 1969). Rochas com altos teores de Cr (200 ppm), Ni (250 ppm) e TiO<sub>2</sub> e baixos valores de K são em geral de origem ígnea, entretanto anfibolitos com baixos teores de Cr, Ni e TiO<sub>2</sub> e elevado K podem ter tanto proveniência ígnea como sedimentar (Leake 1964). Dentro deste enfoque os anfibolitos da Unidade Novo Gosto analisados por FRX e ICP-MS (Tab. 5.2) podem ter tanto origem ígnea como sedimentar.

São rochas que apresentam em geral valores relativamente elevados de TiO<sub>2</sub> (1-3 %), baixos teores de K<sub>2</sub>O (<1 %), com exceção das amostras CRN-100d, CRN-103d, CRN-141c e CRN-142a. Entretanto os teores de Cr e Ni estão abaixo de 200 e 250 ppm. Desta forma se faz necessário somar aos resultados analíticos apresentados na Tabela 5.2, as seguintes observações de campo e petrográficas, a fim de individualizar protólitos de basaltos, basaltos com contaminação crustal, andesitos e sedimentos:

a) A seqüência CRN-88a, b, c e d ocorre no Riacho Jacaré, localizado na porção central do Domínio Canindé. A seqüência se inicia com andesito epidotizado, com brecha carbonática em contato com anfibolito, e são invadidos por aplitos do Granito Xingó. As amostras CRN-88a e CRN-88b correspondem a níveis de anfibolito de granulação fina com amígdalas preenchidas por tremolita-actinolita e clorita, e ocorrem intercaladas por níveis de origem sedimentar (CRN-88c e 88d). São rochas contituídas essencialmente de hornblenda, plagioclásio e quartzo, subordinadamente biotita, opacos e titanita, além de microveios preenchidos por carbonato e clorita. Na amostra CRN-88a foram realizadas análises de ICP-MS, comparando os resultados de FRX com de ICP-MS observamos que os resultados de FRX são consistentes, à exceção do Cs e U onde os valores apresentam maiores discrepâncias. O conjunto apresenta valores elevados de SiO<sub>2</sub> (49,56-50,03%), Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (13,58-15,16%), TiO<sub>2</sub> (2,52-2,91%), MgO (5,47-6,36%) e CaO

(7,43-8,55%). Comparada às amostras CRN-88b e d, a amostra CRN-88a apresenta o dobro de teor de Sr (432 ppm) e baixo teor de Ba (169 ppm), controlados possivelmente pela abundância de cristais euédricos de plagioclásio nesta rocha, sugestivo de origem ígnea. A amostra CRN-88b, por sua vez, apresenta teor mais elevado de Cr (130 ppm), Sr (299 ppm) e teores mais baixos de Zr (167 ppm), Nb (10,3 ppm), La (6 ppm), Ce (27 ppm) e Nd (19 ppm). Já a amostra CRN-88d destaca-se por apresentar microveios de quartzo-feldspato e clorita, teor mais elevado de K<sub>2</sub>O (0,81%) e P. F. (2,18%), além de alto teor de Ba (330 ppm) e mais baixos teores de Pb (3,7 ppm) e Cr (48 ppm).

1

b) As amostras CRN-100d e 103d ocorrem no Riacho Cururú, no extremo leste da área próximo a Bonsucesso. Neste perfil ocorrem rochas intermediárias com granada cortadas por diques básicos, junto de anfibolito. A amostra CRN-100d foi classificada petrograficamente como andesito, apresenta teores elevados de SiO<sub>2</sub> (58,9%), K<sub>2</sub>O (5,68%) e Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (19%) e baixos teores de CaO (2,57%), Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (6,97%) e MgO (1,91%), em relação aos anfibolitos com composição basáltica. A amostra CRN-103d pode corresponder a um protólito de basalto, mas provavelmente com contaminação crustal ou alteração hidrotermal, pois apresenta altos teores de K<sub>2</sub>O (2,85%).

c) As amostras CRN-141c, d e f, CRN-142 e CRN-143 ocorrem no Riacho dos Porcos, próximo ao Povoado de Curralinho. A sequência CRN-141c, d e f corresponde a anfibolitos intercalados com níveis de mármore e metapelito. A amostra CRN-141c corresponde a um nível de origem sedimentar apresentando valores elevados de SiO<sub>2</sub> (59,03%) e K<sub>2</sub>O (2,58%), típicos das metagrauvacas da Unidade Novo Gosto. Já as amostras CRN-141d e f assemelham-se à composição de basaltos, sendo que a CRN-141f com contaminação crustal ou alteração hidrotermal.

d) As amostras CRN-177b, 178a e c, ocorrem no Riacho Bela Vista. A amostra CRN-177b corresponde a basalto fortemente epidotizado que no campo assemelha-se a *pillow-lavas* deformadas intercaladas com metachert. Já a amostra CRN-178a corresponde a protólito sedimentar, pois ainda apresenta preservada a alternância composicional de níveis psamíticos e pelíticos, característicos das rochas metassedimentares da Unidade Novo Gosto.

e) As amostras CRN-272 e 273 afloram próximo a Fazenda Camará, no centro da área de estudo,
e correspondem a protólitos de composição basáltica com relíquias de fenocristais de plagioclásio.

f) Algumas amostras apresentaram valores elevados de Perda ao Fogo (>2,5%), acima do valor recomendado pela Union of Geological Sciences (IUGS) (Le Maitre *et al.* 1989); é provável que estejam refletindo minerais secundários como clorita e carbonato. De qualquer modo, isto não gerou grandes diferenças no comportamento químico dos elementos maiores, menores e traço.

ŧΙ

1

Assim, com base nas observações de campo, petrográficas e no teor SiO<sub>2</sub> e Na<sub>2</sub>O/K<sub>2</sub>O, além de CaO e TiO<sub>2</sub>, foram individualizados quatro tipos de protólitos para amostras de anfibolitos da Unidade Novo Gosto. O primeiro grupo é formado pelas amostras CRN-88a, CRN-88b, CRN-141d e CRN-272a, consideradas de composição basáltica, apresentando relíquias preservadas de microamígdalas e cristais euédricos de plagioclásio, sugerindo claramente origem ígnea. As amostras CRN-103d, CRN-273b, CRN-177b, CRN-141f e CRN-178c foram consideradas de composição basáltica, mas com maior grau de contaminação crustal, possivelmente contaminação pelos leitos de origem sedimentar nos quais estão intercaladas. E ainda os protólitos de origem sedimentar (CRN-88c, CRN-88d, CRN-141c, CRN-142a CRN-143a e CRN-178a) e intermediária (CRN-100d). Os protólitos de origem sedimentar não foram lançados nos diagramas discriminantes de rochas vulcânicas que veremos mais adiante.

Em geral, os anfibolitos de origem vulcânica da Unidade Novo Gosto apresentam conteúdo de SiO<sub>2</sub> variando entre 46-50% e Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> entre 14-16%, valores elevados de Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (12-16%), CaO (7-10%) e TiO<sub>2</sub> (1-2,9%), e baixos teores de álcalis Na<sub>2</sub>O e K<sub>2</sub>O (3-5%). Do ponto de vista dos elementos maiores são características típicas de tholeiíto diferenciado.

No diagrama TAS (Total de Álcalis versus Sílica, Fig. 5.13) de Cox et al. (1979) ocupam dominantemente o campo composicional de basalto tholeiítico, corroborando as observações de campo e petrográficas. Nos diagramas de classificação de rochas vulcânicas de Winchester & Floyd (1977) (Fig.5.14a e b) ocupam dominantemente o campo de basalto sub-alcalino (toleítico). No diagrama triangular FeOt-Na<sub>2</sub>O+K<sub>2</sub>O-MgO (Fig. 5.15), também são classificados na sua maioria como basalto toleítico. No diagrama que relaciona Ti versus Cr (Fig. 5.16) ocupam dominantemente o campo composicional de basalto de fundo oceânico, o mesmo acontecendo no diagrama triangular que relaciona TiO<sub>2</sub>-MnO-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (Fig. 5.17). Todos esses diagramas discriminantes conduzem a uma seqüência envolvendo crosta oceânica para rochas da Unidade Novo Gosto. Contudo, a heterogeneidade do manto e da litosfera continental podem resultar em magmas com composição química semelhante a MORB em bacias de rifte continental (Sun & McDonough 1989, Jolly *et al.* 2001).

Quanto aos elementos menores e traço, lançados os dados obtidos em análises de ICP-MS nos clássicos diagramas de multielementos (Figs. 5.21) que definem o padrão das assinaturas geoquímicas das rochas. Estes diagramas mostram diferentes grupos de elementos menores e traços, onde pode ser visualizado o comportamento de elementos litófilos (Cs, Rb, Ba, Sr, Eu) ou LILE (*Large Ion Lithophile Element*), considerados mais móveis, em relação aos elementos incompatíveis, considerados menos móveis, com elevado potencial iônico (Y, Hf, Zr, Ti, Nb, Ta), os chamados HFSE (*High Field Strength Element*). A concentração dos elementos LILE pode ser controlada por fases fluídas ou contaminação crustal, já os HFSE pela química da fonte (processos de fusão/cristalização).

O comportamento de alguns desses elementos está intimamente ligado aos ambientes geotectônicos de geração do magma. O Nb e o Ta, por exemplo, em zonas de subducção não se transferem para as fases fluídas (como Th, K, Rb, La) ficando insolúveis e retidos na placa subductante (Condie 2001). Entretanto, anomalias negativas de Nb e Ta estão também presentes em assinaturas geoquímicas de rochas da crosta continental.

Para designar grupos de lava, tendências petrogenéticas e ambientes tectônicos de rochas vulcânicas alteradas, recorre-se freqüentemente ao uso de razões de elementos HFSE relativamente imóveis, como Th/Ta, La/Yb, La/Nb e Zr/Th. Alterações secundárias podem fazer variar a abundância absoluta desses elementos, contudo essas razões têm se mostrado eficientes na definição de ambientes geotectônicos modernos (Sun & McDonough 1989, Condie 2001).

No diagrama triangular Ti-Zr-Sr (Fig. 5.18) os anfibolitos Novo Gosto ocupam o campo composicional dos basaltos de fundo oceânico e no diagrama Zr/Y versus Zr (Fig. 5.19) são classificados de basaltos intraplaca continental. No diagrama que relaciona as razões Th/Ta versus La/Yb (Fig. 5.20) tendem a composições de magmas primitivos, como o Platô de Kerguelen, mas também não se diferenciam de composições de basaltos continentais. Isto demonstra a dificuldade de classificar essas rochas como de origem continental ou oceânica usando diagramas clássicos de paleo-ambientes de rochas vulcânicas.

Nos diagramas de multielementos da figura 5.21, os anfibolitos que preservam microamígdalas e relíquias de fenocristais de plagioclásio (CRN-88a, CRN-141d, CRN-143a e CRN-272a) apresentam padrões similares com relativo empobrecimento em K (Fig. 5.21b). As demais amostras apresentam teores diferenciados de elementos como Th, K, Ta, Nb, Sr Hf e Zr que pode ser reflexo de cristalização fracionada de minerais como plagioclásio, ilmenita, zircão e

titanita, presentes nestas rochas. Ao comparar o padrão geoquímico da figura 5.21b com padrões de basaltos em diversos ambientes geotectônicos (Fig. 5.22) observamos que há uma maior correspondência nos teores dos elementos e no padrão das curvas com basaltos de derrames continentais.

1.

I

O padrão levemente enriquecido em ETR leves em relação ao N-MORB (Fig. 5.23) também é condizente com um ambiente continental para os anfibolitos Novo Gosto. Além disso, nos basaltos de cadeia meso-oceânica (MORB) a razão Nb/Ta está em torno de 17 (Sun & McDonough 1989), nos anfibolitos Novo Gosto (CRN-88a, 141d e 272a) esta razão fica em torno de 15. Em rochas basálticas de zonas de subducção, as razões Nb/La são baixas (<0,1), o que também não corresponde às características dos anfibolitos da Unidade Novo Gosto (>1). Outras razões, como Ce/Pb, Nb/U e Rb/Cs, são problemáticas para serem usadas em seqüência metavulcanossedimentar de arco magmático ou mesmo de rifte continental, pois em geral modificam-se em relação ao MORB pelo intenso envolvimento de sedimentos e fluídos (Plank & Langmuir 1989, Condie 1991).

Tabela 5.2 - Análises de FRX e ICP-MS em anfibolitos da Unidade Novo Gosto.									
Amostra (%)	CRN-88a	CRN-88a	CRN-88b	CRN-88c	CRN-88d	CRN-100d	CRN-103d		
SiO <sub>2</sub>	50,03		49,56	40,12	49,93	56,9	46,61 ]		
TiOz	2,94		2,52	3,14	2,91	1,01	2,24		
Al <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	14 12		15 16	17 36	13.58	19	16.05		
Fe <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	13.94		13 39	18.6	13 88	6.97	12 15		
MnO	0.24		10,00	0.21	0.24	0.09	0.2		
MaO	5.73		6.36	8.89	5.47	1.91	6.75		
CaO	8.55		7.9	4.09	7,43	2,57	7,61		
Na <sub>2</sub> O	3,65		3,73	2,64	3,15	2,35	3,24		
к. <u>о</u>	0.45		0.62	0.82	0.81	5.68	2.85		
P.O.	0.25		0,02	0.02	0.38	0.22	0.64		
(2V5	0,00		0,20	3.75	2,30	1.4	178		
P.F.(1000 C)	400.2		100.44	100 32	2,10	100.1	100 12		
Soma	100,2		100,44	100,02	33,30	100,1	100,12		
(ppm)	FRX	ICP-MS	FRX	FRX	FRX	FRX	FRX		
Sc	15	-	15	87	9	3	18,8		
V C-	406	-	120	30Z 50	390	27,0 14.9	220		
Cr Cu	113		130	32	40 70	14,0	27 4		
Ni	45		62	45	31	85	70		
Ga	24.4	-	24.4	30.8	25.8	12	21.1		
Sn	<3	-	<3	<3	<3	<3	4.2		
Zn	116	-	113	155	107	46	111		
Rb	5,3	4,61	11,8	17,2	18	40	91		
Sr	434	-	299	111	254	169	404		
Y	43	-	40	51	45	42	37		
Zr	219	222,7	167	171	259	186	267		
Nb	14,2	14,98	10,3	15	17,2	11	14,3		
Cs	11	0,57	<11	12	<11	<11	17,6		
Ba	169	158,1	250	301	330	4//	205		
La	16	18,9	5 37	4	20	20	20,5		
0-	30	40,22	27	20	43		-		
PC Nd	- 27	30.97	10		30	15	38		
Sm	21	7 87	-	-0	-	-	-		
Fu		2.36	-	-	-	-	-		
Gđ	-	8,25	-	-	-	-	-		
Tb	-	1,33	-		-	-	-		
Dy	-	7,41	-	•	-	-	•		
Ho	-	1,58	-	-	-	-	-		
Er	-	4,14	-	-	-	-	-		
Tm	-	0,58	-	•	-	-	-		
10 1	-	0.54	-			-			
H	-	5.41	-	-	-	-			
Та	-	0,99		-	-	-	-		
Pb	5	5,04	5,4	5,1	3,7	11,8	10,6		
ፐስ	2,6	2,59	2,2	3,5	2,5	10,5	2,3		
U	2,2	0,77	2	<2	<2	2,6	<2		
N5/U	6,45	19,45	5,15	•	-	4,23	-		
Th/Ta	•	2,62	-	•	-	-	-		
La/Yb	-	5,32	-	•	-	-	-		
La/Ba	0,09	0,12	0,02	•	0,06	0,05	0,03		
La/Nb z-m⊨	1,13	1,25	0,58	10 00	103.60	∠,∠/ 17.71	1,40		
	84,23	00,50	10,91	40,00	103,00	-			
ND/TB ND/PD	- 2 R4	2 97	1.91	294	4,65	0,93	1.35		
Ce/Pb	76	9 17	5	4.51	11.62	4,32	5,75		
Rb/Cs	0.48	8.09	-	1.43	-	-	5,17		
Nb/Th	5,46	5,78	4,68	4,29	6,88	1,05	6,22		
La/Sm	-	2,40	-	-	-	-	-		
Sm/Nd	-	0,25	-	-	-	•	-		
ΤiΛ	43		41	52	44	2,9	59		

. 1.

•

(continua)

Tabela 5.2 - Análises de FRX e iCP-MS em anfibolitos da Unidade Novo Gosto.7891011AmostraCRN-141c CRN-141d CRN-141d CRN-141f CRN-142a CRN-143a CRN-143a

1.1

-

×.

SiO <sub>2</sub>	59,03	48,52		48,67	51,33	48,87	
TiO <sub>2</sub>	0.71	2.34		2.44	1.61	2.86	
ALO.	17.09	15		17.06	10.20	14.04	
Fa O	7.40	10.04		11.00	0,00	45.05	
	7,43	12,94		11,74	9,52	15,05	
MNO	0,23	0,19		0,19	0,12	0,19	
MgO	3,45	6,74		4,64	4,85	5,79	
CaO	5,34	9,07		9,55	4,11	8,14	
Na <sub>2</sub> O	1,72	3,57		3,06	4,52	3,87	
K₂O	2,58	0,41		0,64	3,27	0,26	
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.2	0.25		0.38	0.42	0.3	
P.E.(1000*C)	2 23	0.82		0.73	1.07	0.38	
Soma	100.01	99.8		991	99.2	99.74	
ooma	100,01	00,0		00,1	00,4	00,14	
	FRX	ERX	ICP-MS	ICP_MS	EBX	FRY	ICP_MS
Sc	15	38	101 -1110	-	10	39	-
v	136	362	_	_	175	382	-
Čr	60	201	_	-	70	51	-
Cu	10.8	61	-	-	A 1	133	_
Ni	38	52	-		71	28.1	-
Ga	18.6	20.5	-	-	19.8	21.5	-
Sn	<3	<3	-	-	4	<3	-
Zn	120	93	-	-	91	112	-
Rb	107	9.8	9,4	101,81	67	5,7	4,97
Sr	154	411		410	273	315	-
Y	28.4	28.5	-	60.18	30	32	29.18
Źr	123	145	133.2	444.03	338	176	202.01
Nb	7.4	10.9	10.03	30,06	28.5	13,8	13.16
Cs	<11	<11	0.34	3.27	11	12	0.26
Ba	740	156	140.6	462,39	1669	149	118,51
La	11	<4	11.1	55,19	43	11	12.77
Ce	41	28	29.27	132.97	93	23	34.13
Рг	-	-	4.34	16.02	•	_	4.92
Nd	27	21	20,91	62,22	34	22	23,43
Sm	-	-	5,49	12.78	-	-	6,08
Eu	-	-	1,78	2,58	•	-	1,81
Gd	-	-	0,92	11,58	-	-	6,44
Tb	-	-	5,78	1,91	-	-	1,03
Dy	-	-	5.14	10,74	-	-	5,73
Ho	-	-	1,09	2,25	-	-	1,19
Er	-	-	2,84	6,09	-	-	3,09
Tm	-	-	0,39	0,91	-	-	0.44
Yb	-	-	2,37	5,65	-	-	2,70
Lu	•	-	0.35	0.84	-	-	0,40
Hf	-	-	3,31	9,90	-	-	5,02
Та	-	-	0,67	1,98	-	-	0,88
Pb	24,7	4.4	4,28	13,41	8,6	4,9	4,67
Th	4,6	<1,5	1,06	13,86	7,5	1,9	1,79
U	<2	3	0,3	3,55	<2	<2	0,52
Nb/U	-	3,63	33,43	8,46	-	-	25,34
Th/Ta	-	-	1,58	6,99	-	-	2,03
La/Yb	-	-	4,68	9,77	-	-	4,73
La/Ba	0,01	-	0,08	0,12	0.03	0,07	0,11
La/Nb	1,49	-	1,11	1,84	1,51	0,80	0,97
Zr/Th	26,74	-	125,66	32,04	45,07	92,63	112,85
Nb/Ta	-	-	14,97	15,16	-	-	14,90
Nb/Pb	0.30	2,48	2,34	2,24	3,31	2,82	2,82
Ce/Pb	1,66	6,36	6,84	9,91	10,81	4,69	7,31
Rb/Cs	-	-	27,65	31,16	6,09	0,48	18,80
Nb/Th	1,61	-	9,46	2,17	3,80	7,26	7,35
La/Sm	-	-	2,02	4,32	-	-	2,10
Sm/Nd	-	-	0,26	0,21	-	-	0.26
Ti/V	31	38			55	45	
							-

(continua)

I

Tabela 5.2 - Análises de FRX e ICP-MS em anfibolitos da Unidade Novo Gosto.										
	12	13	14	15	16					
Amostra	CRN-177b CI	RN-178a	CRN-178c	CRN-178c CRN-272a CRN-272	a CRN-273b CRN	- <b>2</b> 73h				

SiO <sub>2</sub>	47,54	48,57	46,22		46,4		50,68	
TiO <sub>2</sub>	1,42	1,17	1.41		2,16		2.37	
AlaOa	14.43	14.06	13.12		15.28		14.36	
Fe <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	14 29	13.2	16 68		14 51		13 75	
MpO	0.23	0.23	0.26		0.24		0.24	
MaO	7 15	7.68	8.04		79		6.29	
CaO	11.77	11.69	10.85		8 24		5.67	
Na₀O	1.93	1 75	1 96		3.57		4 46	
K-0	0.32	0.3	0.27		0.19		0.30	
P.O.	0.45	0.16	0.05		0.74		0,00	
	0,10	0,75	0,05		1 20		1 25	
Soma	99.96	99.56	99.54		1,39		1,35	
	00,00	00,00	55,51		100,1		00,0	
	ICP-MS	FRX	FRX	ICP-MS	FRX	ICP-MS	FRX	ICP-MS
Sc	-	67	43	*	44	-	23	-
v	-	343	777	-	359	-	360	-
Cr	-	110	57	-	218	-	39	-
Cu	-	65	70	-	80	-	72	-
N⊦ Ca	-	55	54	-	47	-	24,2	-
Sa	-	10,3	<3	-	20,1	-	24,9	-
Zn	-	97	101		121	-	02	-
Rb	23.06	11.9	5.1	5.37	6.4	5 31	115	10.21
Sr	144	172	88	-	250	-,	172	-
Ŷ	15,41	26,3	17,2	-	37	31,63	46	38,15
Zr	32,39	31	13,7	10,7	141	156,43	177	210,12
Nb	2,80	7,8	1,1	1,12	9,6	8,50	13,4	11,93
Cs	1,87	<11	<11	0,26	<11	0,98	<11	0,79
Ba	259,59	225	63	44,9	73	54,69	170	149,83
La	6,82	6	<4	1,95	6	11,70	5	18,61
Ce	15,53	20	<3	4,69	16	29,34	15	42,91
Pr	1,78	-		0,45	-	4,04	-	5,80
NG Sm	8,58	10	9	2,9	10	19,49	20	26,06
aur Eu	2,34	-	-	1,20	-	3,35	-	0,00
Gd	2.68	-	-	0,82		6.00		7.23
Тр	0.45	-	-	1.94	-	1.01	-	1.20
Dy	2,73	-	-	2,49	-	5,78	-	6,88
Ho	0,61	-	-	0,62	-	1,25	-	1,48
Er	1,67	-	-	1,76	-	3,30	-	3,97
Tm	0,25	-	-	0,27	-	0,49	-	0,59
Yb	1,60	-	÷	1,75	-	2,97	•	3,66
Lu	0,24	-	-	0,27	-	0,44	•	0,55
	0,85	-	-	0,39	-	3,93	-	5,22
18 05	0,10 5,82	36	26	1.67	- 54	4 71	46	2,00
Th	0.61	<1.5	<1.5	0.1	<1.5	1.43	2.8	3,50
ŭ	0.17	<2	<2	0.05	2.2	0.38	2	0.85
Nb/U	16,10	-	-	22,40	4,36	22,46	6,70	14.06
Th/Ta	3,83	-	-	1,00	-	2,61	_	1,43
La/Yb	4,25	-	-	1,11	-	3,94	-	5,08
La/Ba	0,03	0,03	-	0,04	0,08	0,21	0,03	0,12
La/Nb	2,43	0,77	-	1,74	0,63	1,38	0,37	1,56
Zr/Th	53,22	-	-	107,00	-	109,03	63,21	58,20
Nb/Ta	17,63		-	11,20	•	15,47	•	4,72
Nb/Pb	0,48	2,17	0,42	0,67	1,78	1,80	2,91	2,44
Ce/Pb	2,67	5,56	-	2,81	2,96	6,23	3,26	8,76
ND/US	12,31	-	-	20,65	-	5,41 5,02	-	12,96
La/Sm	202	-	-	1.56	-	2,35	4,18	3,31 2,81
Sm/Nd	0.27	-	-	0.43	-	0.27		0.25
TiA	-,	20	11	-,	36	-,-,	39	



1-1

Figura 5.13 - Diagrama para rochas vulcânicas (Cox et al. 1979) com dados de anfibolitos da Unidade Novo Gosto.



Figura 5.14 (a) e (b) - Diagramas para rochas vulcânicas (Winchester & Floyd 1977) com dados de anfibolitos da Unidade Novo Gosto.



Na2O+K2O MgO Figura 5.15 - Diagrama AFM com dados de anfibolitos da Unidade Novo Gosto (Irvine & Baragar 1971). TiO2





Figura 5.16 - Diagrama Ti versus Cr com dados de anfibolitos da Unidade Novo Gosto.

Figura 5.17 - Diagrama discriminante para rochas de composição basáltica com dados de anfibolitos da Unidade Novo Gosto (Müllen 1983).

OIT-basalto de ilhas oceânica;MORB-basalto de crista oceânica; OIA-basalto alcalino de ilhas oceânicas; CAB-basalto cálcio-alcalino.



P2O5\*10


Zr

1 |

# **Sr/2**

I

Figura 5.18 - Diagrama Ti-Zr-Sr com dados de anfibolitos da Unidade Novo Gosto (Pearce & Cann 1973). OFB-basalto de crista oceânica; IAB-basalto de arcos insulares; CAB-basalto cálcio-alcalino.



Zr

Figura 5.19 - Diagrama de paleo-ambiente com dados de anfibolitos da Unidade Novo Gosto (Pearce & Norry 1979).



Figura 5.20 - Diagrama Th/La *versus* La/Yb com dados de anfibolitos Novo Gosto (análises por ICP-MS, CRN-88a, 141d, 143a e 272a, Tab. 5.2) comparados com diversos ambientes geotectônicos (dados de bacia arco de ilha e retro-arco de Woodhead *et al.* 1998 e Leat *et al.* 2001, demais composições baseada em Condie 2001 e 2005).



T.



Figura 5.21- Diagramas de multielementos com dados de anfibolitos Novo Gosto. (a) Padrão geoquímico de análises com ICP-MS. (b) Padrão geoquímico individualizado de anfibolitos com microamigdalas e reilquias de fenocristais de plagioclásio. Normalizados pelo manto primitivo (Sun & McDounough 1989).



ł



Figura 5. 22 (a) e (b) - Diagramas de multielementos com a média composicional de basaltos em diferentes ambientes geotectônico (Condie 2001), comparados com o pradrão de anfibolitos Novo Gosto.



I

Figura 5.23 - Diagrama de elementos terras raras com dados de anfibolitos da Unidade Novo Gosto, normalizado pelo manto primitivo (Sun & McDonough 1989).

#### 5.2- Unidade Gentileza

. 1.

A Unidade Gentileza é formada essencialmente por rochas vulcânicas e subvulcânicas que correspondem a anfibolito, diabásio e diorito. É uma unidade expressiva na área de estudo, estendendo-se desde Canindé do São Francisco, a oeste, até Bonsucesso e Pão de Açúcar no extremo leste da área. Está em contato com a Unidade Novo Gosto pela Zona de Cisalhamento Mulungú-Alto Bonito e por zonas de cisalhamento menores. Foi invadida pela Suíte Gabróica de Canindé, por diques de basaltos e diabásio e pelo Granito Xingó. Já com o Granito Boa Esperança forma uma íntima associação que sugere uma mistura magmática que freqüentemente resulta em rocha híbrida com composições de quartzo-diorito pórfiro, quartzo-monzodiorito com textura *rapakivi*, granodiorito e tonalito (Fig. 5.24).

#### 5.2.1- ANFIBOLITOS

Os resultados das análises de FRX e ICP-MS em anfibolitos de granulação fina da Unidade Gentileza (Anexo A), formados essencialmente por andesina e hornblenda, estão representados na Tabela 5.3. Nos diagramas Harker (Fig. 5.25) estas rochas, com exceção dos diabásios, distinguem-se claramente das rochas subvulcânicas desta unidade, apresentando teores mais elevados de TiO<sub>2</sub> (1,3-2,6%), Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (7,3-12,5%), MgO (9,38-7,2%) e CaO (5,2-8,3%) e valores mais baixos para SiO<sub>2</sub> (48-58%) e Na<sub>2</sub>O (2,6-3,9%). Nos diagramas que relacionam Cr, Ni e TiO<sub>2</sub> (Fig. 5.26), classicamente usados como indicativos de proveniência de anfibolitos (Leake 1964, Orville 1969), estas rochas mostram elevados teores de TiO<sub>2</sub> (1-2,6%) e Cr (100-200 ppm), e baixos teores de Ni (em geral < 100 ppm).

Para a classificação química dessas rochas foram utilizados diversos diagramas, em princípio usando como parâmetros os elementos maiores considerados mais móveis, e posteriormente incluindo elementos traço. No diagrama discriminante binário de Cox *et al.* (1979) (Fig. 5. 27a) que relaciona SiO<sub>2</sub> versus Na<sub>2</sub>O+K<sub>2</sub>O as rochas estudadas ocupam o campo composicional de rochas alcalinas (basaltos, hawaiito, traquiandesito) e nos diagramas discriminantes de Le Maitre (1989) (Fig. 5.27b e c) tendem a ocupar o límite dos campos composicionais de basaltos alcalinos e sub-alcalinos, com variações para composições de andesitos.

Os resultados analíticos obtidos para elementos maiores, menores e traços usados como base nos diversos diagramas discriminantes são consistentes. Os padrões geoquímicos dos anfibolitos Gentileza não apresentam grandes discrepâncias nos teores dos elementos quando comparados os resultados obtidos por FRX com os resultados de ICP-MS (Tab. 5.3). Nos diagramas da figura 5.28 que relaciona o número de magnésio (#Mg) com o K<sub>2</sub>O, Zr e TiO<sub>2</sub>, verificamos que há uma relativa dispersão de K<sub>2</sub>O em relação ao Zr e TiO<sub>2</sub>. Entretanto, aparentemente as amostras fazem parte de um mesmo grupo que apresenta tendência a correlação negativa (aumento dos elementos incompatíveis Zr e TiO<sub>2</sub> com diminuição de #Mg) que pode estar sendo controlada pela cristalização de minerais como ilmenita e anfibólio.

11

Т

Nos diagramas de multielementos das figuras 5.29 e 5.30 estão representados graficamente o comportamento dos elementos menores, traço e terras raras. As assinaturas geoquímicas dos anfibolitos Gentileza apresentam como característica marcante um enriquecimento de elementos litófilos (Rb, Ba, Th, K, Sr) em relação a elementos com elevado potencial iônico (Nb, Ta, Hf, Ti, Y), bem como um relativo enriquecimento dos elementos terras raras leves em relação aos pesados. Ao comparar o diagrama de multielementos da figura 5.31 com basaltos de diversos ambientes tectônicos, observamos que os anfibolitos da Unidade Gentileza apresentam padrões geoquímico dos elementos terras raras dos anfibolitos da Unidade Gentileza com relativo enriquecimento dos terras leves em relação aos pesados pode ser relação aos pesados com entre dos terras leves em relação aos pesados dos dos terras leves em relação aos pesados pode ser relação aos pesados dos terras leves em relação aos pesados pode ser relacionado a vários ambientes tectônicos, pois é um padrão que pode ser observado em ambiente continental, arco magmático, ilhas oceânicas e até mesmo em MORBs enriquecidos.

A fim de verificar se a marcante anomalia negativa de Nb nos anfibolitos da Unidade Gentileza é consistente, lançamos os resultados obtidos em diversos diagramas binários (Fig. 5.32), a princípio relacionando elementos considerados móveis como K<sub>2</sub>O versus Rb (Fig. 5.32a) e depois fazendo relações de elementos móveis, como o Sr, com elementos considerados menos móveis como Zr e TiO<sub>2</sub>. No comportamento geral dessas rochas há uma relativa dispersão dos elementos, entretanto há correlações entre os elementos e a relação Nb versus Th (Fig. 5.32e) é consistente com o diagrama de multielementos da figura 5.29, assim como a relação TiO<sub>2</sub> versus Zr (Fig. 5.32c) e Nb versus Zr (Fig. 5.32d), que sugerem controle por cristalização fracionada de minerais como zircão, ilmenita e anfibólio.

Nos diagramas clássicos de paleo-ambiência das figuras 5.33, 5.34 e 5.35, os anfibolitos Gentileza ocupam dominantemente o campo composional dos basaltos intraplaca continental com rara variação para arco de ilha oceânica. No diagrama discriminante da figura 5.36 que relaciona a razão Th/Ta versus La/Yb nos diversos ambientes geotectônicos, os anfibolitos Gentileza são mais evoluídos que os anfibolitos da Unidade Novo Gosto, com composições que tendem para crosta superior, e tendem a ocupar o campo composicional dos derrames continentais.

## 5.2.2- ROCHAS SUBVULCÂNICAS

1

As rochas subvulcânicas da Unidade Gentileza são caracterizadas como diabásio, quartzomonzodiorito, quartzo-diorito, diorito, granodiorito e tonalito. Análises de FRX realizadas em alguns destes litotipos são apresentadas na Tabela 5.4. As rochas básicas caracterizadas como diabásios apresentam teores de SiO<sub>2</sub> variando entre 49 e 53%. No diagramas álcalis (Na<sub>2</sub>O+ K<sub>2</sub>O) *versus* SiO<sub>2</sub> (Fig. 5.37a), estas rochas situam-se no limite dos campos composicionais de rochas alcalinas e sub-alcalinas, contudo a abundância de biotita nestas rochas aponta para uma afinidade alcalina. Nos diagramas das figuras 5.37b e 5.37c esta tendência se confirma, pois estas rochas destacam-se das demais por serem fortemente metaluminosas e ricas em TiO<sub>2</sub> (2,3%). No diagrama de multielementos normalizado ao manto primitivo são rochas levemente enriquecidas em LILE (Fig. 5.37d), com discretas anomalias negativas de Nb e Sr, além de relativo enriquecimento em Ba.

As rochas de composições mais intermediárias (Tab. 5.4) correspondem a quartzomonzodiorito, granodiorito e tonalito com teores de  $SiO_2$  variando entre 57 e 66%. São rochas metaluminosas (Fig. 5.37b) e mostram anomalias negativas mais acentuadas de Nb e Ti e relativo enriquecimento de Zr no diagrama de multielementos da figura 5.37d.

Nos diagramas binários SiO<sub>2</sub> versus V, SiO<sub>2</sub> versus Sr, Zr versus Ce, Zr versus Rb, Ce/Nb versus Zr/Y e Ce/Nb versus Zr/Nb (Fig. 5.38) os termos básicos e intermediários diferenciam claramente e sugerem que as composições com textura *rapakivi* resultem da mistura magmática entre estes dois termos (Haapala & Rämö 1999). O padrão geoquímico dos elementos terras raras do quartzo-monzodiorito com textura *rapakivi* apresenta similaridade com o padrão geoquímico dos anfibolitos desta unidade (Fig. 5.39).

Nos diagramas de discriminação de ambientes tectônicos para rochas plutônicas estas rochas ocupam o limite dos campos composicionais de arco vulcânico (VAG) e granitos intraplaca (WPG), as composições com textura *rapakivi* situam-se no campo dos WPG (Fig. 5.40). No diagrama que relaciona (K<sub>2</sub>O+Na<sub>2</sub>O)/CaO *versus* Zr+Nb+Ce+Y (Fig. 5.41) estas rochas ocupam dominantemente o campo composicional dos corpos plutônicos anorogênicos (Tipo A), o que reforça a hipótese de um ambiente extensional intraplaca para as rochas da Unidade Gentileza.

 $\mathbf{I}^{-1}$ 

I

Tabela 5.	Tabela 5.3 - Análises de FRX e ICP-MS em anfibolitos da Unidade Gentileza									
	1		2		3		4			
Amostra (%)	crn-31a	crn-31a	crn201a	crn201a	cm-220a	crn-220a	crn-225a	crn-225a		
SiO <sub>2</sub>	54,81 <sup> </sup>		48,38		51,43		48,82			
TiO <sub>2</sub>	1,902		1,761		2,36		2,48			
$AI_2O_3$	14,94		16,3		14,68		14,34			
$Fe_2O_3$	9,38		10,67		11,53		13,03			
MnO	0,145		0,189		0,175		0,202			
MgO	3,89		7,29		4,86		6,41			
CaO	5,58		8,68		7,36		8,38			
Na <sub>2</sub> O	3,91		2,68		3,86		3,17			
K₂O	3,28		2,48		1,99		1,81			
$P_2O_5$	0,832		0,36		0,65		0,56			
P.F.(1000°C)	0,32		1,52		0,79		0,79			
Soma	98,989		100,31		99,685		99,992			
	FRX	ICP-MS	FRX	ICP-MS	FRX	ICP-MS	FRX	ICP-MS		
(ppm)										
Sc	10	-	24	-	23	-	32	-		
V	153	-	233	-	227	-	277	-		
Cr	62	-	160	-	90	+	140	-		
CU	37	-	24,2	-	38	-	44	-		
Ni O-	39	-	/8	-	23,4	-	57	-		
Ga C=	21	-	22,3	-	24,7	-	24,7	-		
30 7a	104	-	140	-	4	-	100	-		
20 Dh	124	166.16	1 I Z 50	-	109	72.06	122	70 70		
RU Sr	1040	100,10	385	00,02	10	12,90	70 362	72,70		
51 V	32	34 46	31	32 04	51	51 27	48	46.20		
7 Zr	322	360 56	186	260.39	398	577 60	337	407.32		
Nb	21.7	25.88	12	11.11	20.8	23.21	19.1	19.13		
Cs	19	8,26	18	2,59	11	3,19	18	5.24		
Ba	1554	1634,40	549	596,32	617	636,50	521	560,28		
La	65	69,09	29	21,27	48	47,23	42	34,53		
Ce	119	149,77	69	49,74	100	119,04	85	90,61		
₽r	-	18,04		7,18	-	14,46	-	11,40		
Nd	61	69,66	46	30,72	64	57,43	57	47,67		
Sm	-	12,02	-	6,76	-	11,65	-	10,20		
Eu		3,23	-	2,03	-	3,05	-	2,92		
Gđ		9,05	-	6,68	-	11,05	-	10,11		
10		1,28	-	1,04	-	1,69	-	1,56		
Dy		6,73	-	5,89	-	9,45	-	8,75		
Ho		1,29	-	1,25	-	1,95	-	1,84		
Er		3,39	-	3,33	-	5,25 0.77	-	4,87		
Vh		0,47	-	2,05	-	4 70	-	4.47		
10		2,52	-	0.46	-	9,75	-	4,47		
Hf		8.06	_	5 59	_	12 23	-	9.08		
Та		1.83	-	0.68	-	1.33	-	1,11		
Pb	12	14.63	6.5	7,02	11	23,40	7,8	8.87		
Th	8,6	12,74	• 1,9	2,58	7,3	8,31	3,6	4,38		
U	4,9	5,82	2	0,71	2,8	1,96	2,4	1,39		

· • •

۲

(continua)

	5		6		7		8	
Amostra (%)	crn-235	crn-235	crn-251b	crn-251b	crn-253b	crn-253b	crn-254a	crn-254a
SiO <sub>2</sub>	55,17		49,75		49,46		49,35	
TiO <sub>2</sub>	2		2,22		2,51		2,19	
$Al_2O_3$	12,81		15,36	•	15,18		15,21	
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	7,34		12,03		12,52		11,92	
MnO	0,113		0,18		0,192		0,178	
MgO	4,74		6,1		5,2		6,04	
CaO	5,22		8,13		8,37		8,07	
Na <sub>2</sub> O	2,87		3,18		3,41		3,16	
K₂O	5,22		1,79		1,6		1,78	
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	1,237		0,419		0,615		0,416	
P.F.(1000°C)	3,12		1,06		0,58		1,4	
Soma	99,84		100,219		99,637		99,714	
	FRX	ICP-MS	FRX	ICP-MS	FRX	ICP-MS	FRX	ICP-MS
(ppm)							40	
SC	11	-	25	-	31	-	76	-
v C-	144	-	240	-	2/1	-	141	-
Cu	70	-	140	-	26	-	50	-
Ni	70	-	40 67	-	28 9	-	147	-
Ga	20.9	-	22.7	-	24.4	_	18.8	-
Sn	12	-	4	-	6	•	11	-
Zn	97	-	110	-	123	-	102	+
Rb	213	220,43	86	82,54	52	48,15	162	181,67
Sr	1033	-	343	-	409	-	680	-
Y	34	33,97	42	39,40	56	53,32	32	32,67
Zr	392	398,31	296	350,28	345	539,57	296	299,16
Nb	17	18,05	15	14,80	20,9	22,48	19,3	19,08
Cs	21	5,17	11	3,92	13	2,54	26	11,99
Ba	2570	3073,87	486	442,29	607	589,33	1137	1394,78
La	55	67,35	24	26,36	49	35,63	57	43,37
Ce D-	143	142,90	63	00,52	103	93,10	101	105,80
FI Nd	- 80	71.87	42	0,00 36.46	-	11,01	- 53	12,00 50.41
Sm	-	14 53	72	8 15	0 <b>-</b>	10.70	-	9 17
Eu	_	3.29	+	2.53	-	2 99	-	2.28
Gd	-	11,48	-	8,22	-	10.65	-	7,35
ТЬ	-	1,52	-	1,30	-	1,71	-	1,10
Dy	-	7,17	-	7,29	-	9,61	-	6,04
Ho	-	1,25	-	1,54	•	2,06	-	1,21
Er	-	3,14	-	4,11	-	5,54	-	3,24
Tm	-	0,41	-	0,60	-	0,83	-	0,47
Yb	-	2,43	-	3,77	-	5,23	-	2,93
Lu	-	0,36	-	0,57	-	0,78	-	0,44
Ht T-	-	9,64	-	7,71	-	11,83	-	6,80
ia Dh	-	1,02	74	0,90	-	1,40	10.6	1,21
г0 Тh	12,4	13,94	1,4	0,00 3.26	7,4 21	0,40 よう4		12,07 6.02
υ	2	2,42	2.5	1,12	2	1,77	3.8	2,28
	-	. –	· -		-	4.5	• -	

Tabela 5.3 - Análises de FRX e ICP-MS em anfibolitos da Unidade Gentileza

I I

١

(continua)

T

Tabela 5.3 - Análises de FRX e ICP-MS em anfibolitos da Unidade Gentileza 9 10

.

	3		10
Amostra (%)	crn-265	cm-265	crn-266
SiO	48.74		55.61
TIO.	2.61		1 372
ALO -	14.05		1,372
	14,85		13,13
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	13,24		8,33
MnO	0,193		0,148
MgO	5,68		7,16
CaO	7,64		6,09
Na <sub>2</sub> O	3,12		2,67
K₂O	2,04		3,53
$P_2O_5$	0,61		0,548
P.F.(1000°C)	1,16		1,04
Soma	99,883		99,628
	FRX	ICP-MS	FRX
(ppm)			
Sc	24	-	26
V	274	-	264
Cr	138	-	132
Cu	44	-	46
Ni	47	-	49
Ga	26,6	-	23
Sn	4	-	5
Zn	117	-	106
Rb.	83	(7,58	80
Sr	364	-	345
Ϋ́	202	31,83	43
	397	460,73	220
ND Co	19,9	21,01	÷*+ 11
CS Po	E10	2,40 557 61	11 407
Da	38	37.00	31
L0 Ce	91	96.42	65
Pr	_	12.33	-
Nd	60	51.62	42
Sm	-	11.23	-
Eu	-	3,05	-
Gđ	-	10,89	-
ТЬ	-	1,72	-
Dy	-	9,59	-
Ho	-	2,03	-
Er	-	5,37	-
Tm	-	0,78	-
Yb	-	4,89	-
Lu	-	0,73	-
Hf	-	10,54	-
Ta	-	1,40	-
Pb	7,6	8,66	8,6
Th	3,5	4,71	2,7
U	2,9	1,28	2,7

. .

				••••••						
	JS19	JS06B	JS02B	JS05B	JS12B	JS18A	JS05A	JS20	JS08	JS09
(%)	qtz. monzodiorito	qtz. monzodiorito	tonalito	granodiorito	granodiorito	gtz monzodiorito	qtz monzodiorito	diabásio	diabasio	diabásio
						c/ textura rapakivi	ci textura rapakivi			
SiO2	60,5	57,3	57,31	66,54	59,38	63,15	57.1	53,15	49,66	49,6
TiO <sub>2</sub>	0,74	0,879	1,055	0,516	0,769	0,887	1,557	2,32	2,268	2,31
Al <sub>2</sub> Q3	19,3	19,78	18,61	16,14	18.4	14,26	15,17	14,37	15,55	15,2
Fe2O3	5,37	5,84	7,33	4,25	5,96	5,53	8,52	11,88	11,9	12,3
MnO	0,06	0,067	0,082	0,071	0.113	0,106	0,147	0,208	0,193	0,23
MgO	0,88	0,98	1,3	0,67	0,94	2,34	1,98	4,9	5,79	5,16
CaQ	4,02	4,18	5,04	2,35	3,15	4,44	4,12	7,61	8,52	7,51
Na <sub>2</sub> O	6,87	6,19	6,13	4,7	5,44	3,92	4,15	3,57	3,16	3,71
K20	0,86	2,37	0,85	3,71	3,94	2,35	3,74	0,85	1,41	1,23
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,23	0,277	0,296	0,156	0,264	0,194	0.399	0,336	0,511	0,58
P.F.	0.58	1.37	1.14	0.51	1.22	2,15	1,41	1,1	1.13	1,64
Total	99,41	99,23	99,14	99,61	99,58	99,33	99,29	100,29	100,09	99,47
Elemento	is Traço (ppm)									
V	52	58	65	31	48	89	134	257	242	255
Çr	29	18,4	20.9	15,5	15,9	65	23,9	89	151	98
Cs	<11	<11	<11	<11	<11	<11	<11	<11	<11	<11
Ni	8,9	9,8	14,1	5	7,4	32	13,5	43	57	44
Cu	23,5	15,7	94	10,9	14,2	19,6	20	32	49	38
Zn	49	61	49	75	77	86	121	124	117	154
Ga	31	30	34	22,3	28,4	18,2	25,4	19	21,8	21,9
Rb	14,5	36	11,8	40	31	41	48	16	26,5	20,8
Sc	<5	<5	9	8	8	10	12	33	26	25
Sn	<3	<3	<3	4	5	3	4	<3	<3	<3
Sr	414	439	488	192	280	211	224	331	396	447
Y	28,1	24,2	40	29,8	39	46	71	57	45	53
Zr	609	795	787	438	735	310	566	222	305	342
Nb	7,6	4,1	9,2	8,7	11,2	21	37	24	21.2	23,1
Ba	672	1019	632	998	1635	573	1009	347	560	656
Pb	16,1	14,7	13,5	14,1	10.4	12,7	17	9	<1,5	10
Th	2,4	3,7	4	1,8	3,3	2,1	2,5	2	3	3,2
U	3	3	4	<2	<2	<2	2	2	27	2
La	29	33	34	36	45	32	55	.24	27	28
Ce	79	83	94	81	111	78	127	59	74	86
Nd	38	45	56	41	60	39	72	72	39	49

Talela 5.4 - Análises de FRX em rochas subvulcânicas da Unidade Gentileza.



ł

Figura 5.24 – Classificação modal de rochas subvulcânicas da Unidade Gentileza. Streckeisen (1967).



Figura 5.25 – Diagramas de Harker para as rochas da Unidade Gentileza destacando o comportamento de alguns elementos maiores em relação aos teores de SiO<sub>2</sub>.



E I

I

Figura 5.26 – (a) Diagrama Cr (ppm) versus Ni (ppm) mostra que os anfibolitos da Unidade Gentileza possuem valores relativamente baixos de Ni (<100ppm) para anfibolitos de origem ígnea, além da tendência a correlação positiva entre estes elementos. Nos diagramas (b) e (c) que relacionam Ni e Cr com TiO<sub>2</sub> (%), observamos que os anfibolitos da Unidade Gentileza apresentam altos teores de TiO<sub>2</sub> (1-3%), sugestivo de afinidade alcalina para estas rochas, e que os teores de Ni e Cr tendem a permanecer constantes com aumento de TiO<sub>2</sub>.



Figura 5.27(a) - Diagrama de Cox et al. (1979) de classificação de rochas vulcânicas com dados da Unidade Gentileza.





Figura 5.27(b)- Diagrama para classificação de rochas vulcânicas de Winchester & Floyd (1997) com dados de anfibolitos da Unidade Gentileza.

Figura 5.27 (c) - Diagrama para classificação de rochas vulcânicas de Winchester & Floyd (1997) com dados de anfibolitos da Unidade Gentileza.



I

Figura 5.28 - Diagramas binários relacionando #Mg (número de magnésio) versus  $K_2O(\%)$  ( a );Zr (ppm) ( b ) e TiO2 ( c ).#Mg= (%MgO/40,3)/(%MgO/40,3+0,793\*%Fe2Oy771,85)



Figura 5.29- Diagrama de multielementos com padrão geoquímico de anfibolitos da Unidade Gentileza. (normalizado pelo manto primitivo de Sun & McDonough 1989).



Figura 5.30 - Diagrama de elementos terras raras com dados de anfibolitos da Unidade Gentileza (normalizado pelo manto primitivo de Sun & McDonough 1989).



ŧ I

Figura 5.31 (a) e (b) - Diagramas de multielementos com a média de basaltos em diferentes ambientes geotectônicos (Condie 2001) comparado com o padrão geoquímico de anfibolitos da Unidade Gentileza.



.. 1.

Figura 5.32- Diagramas binários destacando o comportamento de anfibolitos da Unidade Gentileza em relação a elementos móveis (Sr,  $K_2O$ ) e elementos moveis (Zr, TiO<sub>2</sub> mostrando que há correlação e consistência nos dados de elementos como Nb (ppm) e La (ppm), importantes na interpretação do ambiente geotectônico dessas rochas.



i I

٦



I



Figura 5.34- Diagrama discriminante triangular de Pearce *et al.* (1977) com dados de anfibolitos da Unidade Gentileza.1- Basalto de Arco de Ilha e Margem Continental Ativa;2-Basaltos Orogênicos;3-MORB;4-Basalto de Arco de Ilha Oceânica;5-Basalto Continental.



Figura 5.35- Diagrama discriminante Zr/Y versus Zr (Pearce & Norry 1979) com dados de anfibolitos da Unidade Gentileza.



. 1

Figura 5. 36 - Diagrama Th/La *versus* La/Yb com dados de anfibolitos Novo Gosto e Gentileza comparados com diversos ambientes geotectônicos (dados de arco de ilha e bacia de retro-arco de Woodhead *et al* 1998 e Leat *et al*. 2001; demais ambientes geotectônicos Condie 2001 e 2005).



l

Figura 5.37 – Diagramas com dados de rochas subvulcânicas da Unidade Gentileza. (a) Diagrama álcalis *versus* SiO<sub>2</sub>; (b) Diagrama de classificação de rochas ígneas com base nas proporções de Al2O3, CaO, K<sub>2</sub>O+Na<sub>2</sub>O (Shand 1947); (c) Diagrama binário TiO<sub>2</sub> *versus* SiO<sub>2</sub>. (d) Diagrama de multi-elementos normalizado pelo manto primitivo (Sun & McDonough 1989).



L

Figura 5.38 – Diagramas binários com dados de rochas subvulcânicas da Unidade Gentileza mostrando que o diabásio diferencia de termos mais intermediários (quartzo-monzodiorito, tonalito, granodiorito) e que rochas de textura *rapakivi* podem resultar da mistura entre essas composições.



L

Figura 5. 39 - Diagrama de multielementos de rochas subvulcânicas da Unidade Gentileza (Tabela 5.4) comparado com o padrão de assinaturas geoquímicas de anfibolitos da mesma unidade.



Figura 5. 40- Diagramas discriminantes de rochas plutônicas Nb versus Y e Rb versus Y+Nb (Pearce et al. 1984) com dados de rochas subvulcânicas da Unidade Gentileza.



Figura 5.41 – Diagrama (K<sub>2</sub>O+Na<sub>2</sub>O)/CaO *versus* Zr+Nb+Ce+Y (Whalen *et al.* 1984) destacando rochas subvulcânicas da Unidade Gentileza com composição de rochas plutônicas de ambiente anorogênico. 105

### 5.3 - Granitos do Domínio Canindé

1 1

Antes de classificar os diversos corpos plutônicos do Domínio Canindé nos esquemas classificatórios usuais para rochas graníticas convém fazer algumas observações acerca destas classificações a fim de melhor avaliar os resultados apresentados na Tabela 5.5.

T

Os magmas graníticos podem ter origem tanto do manto como da crosta. Alguns granitos são originados pelos membros finais destas fontes por fusão e cristalização. Contudo, o mais comum é a contribuição de ambas as fontes. A variedade de composição é dada pelo diferente grau de fusão destas fontes, além da variedade de forma que manto e crosta podem interagir (Pearce 1996).

As dificuldades no estudo de rochas graníticas como indicadoras de ambiente tectônico estão relacionadas ao tempo de exposição, história petrogenética complexa dada pela acumulação de cristais, envolvimento de crosta continental, redistribuição de elementos por fluxo de voláteis e cristalização de fases menores ricas em elementos traço que são em geral de pequena relevância e podem obscurecer importantes feições dos granitos. Peacock (1931) e Shand (1947) dividem os granitos de uma forma simplificada em granitos peraluminoso, metaluminoso e peralcalino. Nestas classificações são usados como indicadores de ambiente tectônico apenas elementos maiores, assumindo que os granitos cálcio-alcalinos são em geral produto de arco magmático vulcânico. Magmas alcalino e peralcalino são associados com ambiente intraplaca e que os granitos peraluminosos resultam de anatexia de rochas sedimentares, freqüentemente durante a colisão continental.

Outro esquema básico de distinguir granitos em Tipo I e S é baseado em granitos australianos de Lanchlan Fold Belt (Chappell & White 1974). Os granitos do Tipo I são metaluminosos com variações de peraluminosos, relativamente sódicos e SiO<sub>2</sub> variando entre 56-77%, formados a partir de fonte ígnea máfica. Outros fortemente peraluminosos, relativamente potássicos e com composição de sílica entre (64-77%) são chamados granitos do Tipo S, formados por fusão de rochas metassedimentares. Este esquema pode ser aplicado facilmente quando a origem do granito está clara. Contudo, granitos com composição similar podem ser produzidos por fusão parcial de varias outras fontes (Miller 1985).

Outros tipos foram adicionados a este esquema básico de classificação. Granitos relativamente potássicos com altos valores de FeO/(FeO + MgO), Zr, HFSE e raramente deformados foram classificados como do Tipo A. Este tipo devido a sua alcalinidade e

características anídricas foram relacionados a ambiente tectônico anorogênico (Loiselle & Wones 1979). Desde de então numerosos trabalhos foram publicados sobre a definição, origem e evolução dos granitos do tipo A (Whalen *et al.* 1987, Eby 1990, Frost & Frost 1997).

. .

Outros tipos de granitos têm sido propostos incluindo Tipo M (White 1979) e do tipo C (Kilpatrick & Ellis 1992). Os granitos do Tipo M são rochas de origem do manto especificamente relacionados a ambiente de arco de ilha. Já os granitos do Tipo C são definidos como granitóides charnoquíticos que podem ter origem plutônica ou vulcânica. Mas, estas classificações são imprecisas. Granitos do tipo M podem ter origem do manto ou por fusão de crosta juvenil (tecnicamente do tipo I) (Frost *et al.* 2001).

No Domínio Caníndé o Granito Boa Esperança é o de maior expressão em relação ao Lajedinho, Sítios Novos e Xingó. O Granito Serrota corresponde a uma fácies mais deformada deste batólito, formado fundamentalmente por monzo-granito e sieno-granito, cujos minerais essênciais correspondem ao microclínio, plagioclásio, quartzo e biotita, subordinadamente ocorrem muscovita, hornblenda, titanita, ilmenita, apatita e zircão. Na Tabela 5.5 são apresentados os resultados das análises de FRX dos diversos granitos da região. Nesta tabela observamos que o Granito Boa Esperança, quanto aos elementos maiores, apresenta teores de SiO<sub>2</sub> entre 66-74%, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> entre 9-15%, elevados teores de Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (0,95-6%), K<sub>2</sub>O (4-5%), TiO<sub>2</sub> (0,1-0,6%) e baixos teores de CaO (1,1-2,2%) e MgO (0,2-1%). Já o Granito Serrota apresenta valores mais baixos de SiO<sub>2</sub> (51-59%) e valores mais elevados de Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (5-11%), MgO (2-3%), TiO<sub>2</sub> (1-2%) e CaO (3-5%). Os diagramas de Harker da Fig. 5.42 ilustram estas diferenças.

O Granito Boa Esperança posiciona-se no limite dos campos composicionais dos granitos metaluminosos e peraluminosos (Fig. 5.43). Ao serem lançados nos diagramas de Pearce *et al.* (1984), que usa os elementos-traço, particulamente Rb, Y, Nb e Ta, para a discriminação de ambientes tectônicos de rochas graníticas, os teores destes elementos colocam o Granito Boa Esperança em diversos ambientes tectônicos com variações para granitos intraplaca (WPG), arco vulcânico (VAG) e pós-colisional (Post-COLG) (Fig. 5.44). No diagrama apresentado na Fig. 5.45 de White & Chappell (1983) elaborado a partir das razões Na<sub>2</sub>O/K<sub>2</sub>O de granitos tipo I, S e A procedentes de Lanchlan Fold Belt (Austrália), os dados do Granito Boa Esperança, por apresentarem altos conteúdos tanto de Na<sub>2</sub>O como de K<sub>2</sub>O, ocupam o campo composicional de granitos tipo A e I e até mesmo S.

BIBLIOTECA CENTRAL DESENVOLVINSHTO COLEÇÃO DNICAMP No diagrama de multielementos da figura 5.46 há semelhanças geoquímicas no padrão dos granitos Boa Esperança e Serrota com leve enriquecimento dos HFSE. Ao comparar o padrão geoquímico destes granitos com os granitos de Lanchlan Fold Belt (Austrália) (Fig. 5.47) observamos também que não há como diferenciar claramente o padrão geoquímico dos granitos do Tipo I, S e A.

E I

Т

Contudo, a Tabela 5.6 exibe uma comparação entre as médias de análises químicas de granitos I, S e A (White & Chappell 1983) e observamos semelhanças químicas do Granito Boa Esperança com os granitos do Tipo A, os quais apresentam altos teores de SiO<sub>2</sub>, Na<sub>2</sub>O+K<sub>2</sub>O, Fe/Mg, Zr, Nb, Ga, Sn e elementos terras raras leves e baixos teores de CaO, Ba e Sr (Collins *et al.* 1982; White & Chappell 1983; Loiselle & Wones 1979), além de altas razões Rb/Sr, K/Rb, Ga/Al, Zr/Ni e altos valores para Zr+Nb+Y+Ce, usados para distinguir granitos I, S e A.

O Granito Boa Esperança apresenta razão Fe/Mg entre 2,12-2,38, razão Rb/Sr variando entre 0,3 e1,5, razão K/Rb entre 162 e 244 e Zr/Ni entre 61,15 e 89,37. A amostra CRN-255a (Tab. 5.5), apresenta valores anômalos para estas razões (Fe/Mg=7,52, Rb/Sr=7,58, Zr/Ni=39,22) e freqüente nos diagramas discriminantes distancia-se da demais amostras, isto justifica-se no fato desta amostra proceder das proximidade da Zona de Cisalhamento Mulungú-Alto Bonito (Riacho Capiá).

No Granito Boa Esperança não há um enriquecimento acentuado nos cátions de alta valência (Y, Nb, Zr) que de acordo com constatações feitas por Collins *et al.* (1982) caracterizaria granitos do tipo A. Mas, nos diagramas Ce, Zr, Nb e Y *versus* Ga/Al (Fig. 5.48) o granito Boa Esperança e demais granitos do Domínio Canindé ocupam dominantemente o campo composicional dos granitos tipo A, o mesmo acontecendo com o diagrama Ga/Al *versus* Zr+Nb+Ce+Y (Fig. 5.49).

Na Tabela 5.5 a amostra CRN-109a corresponde ao Granito Lajedinho que no contexto do Domínio Canindé assemelha-se a um batólito de arco magmático com abundância de encraves de anfibolito. Nos Diagramas de Harker (Fig. 5.42) não diferencia-se de forma acentuada das composições do Granito Boa Esperança, o mesmo acontecendo no diagrama de multielementos da figura 5.46, onde apresenta um padrão com enriquecimento dos HFSE.

O Granito Lajedinho diferencia-se do Granito Boa Esperança por apresentar baixas razões Fe/Mg (1,03), Rb/Sr (0,13), Zr/Ni (10,24) e valores elevados para Ce+Nb+Y+Ce (750). O Granito Lajedinho é caracterizado como metaluminoso (Fig. 5.43) e nos diagramas de Nb *versus*  Y e Rb versus Y+Nb (Fig. 5.44) ocupa o limite dos campos composicionais de granitos intraplaca, arco vulcânico e pós-colisional. No diagrama Na<sub>2</sub>O versus K<sub>2</sub>O ocupa, assim como a maioria dos granitos do Domínio Canindé, o campo composicional dos granitos tipo A e I (Fig. 5.45). Já nos diagrama das figuras 5.48 e 5.49 que relaciona cátions de alta valência com a razão Ga/Al ocupa o campo composicional de granito do Tipo A.

Ainda aparecem na tabela 5.5 análises dos granitos Xingó, tipo Sítios Novos e Poço Redondo. O tipo Sítios Novos classificado como metaluminoso (Fig. 5.43), com composições de granitos de arco magmático e pós-colisional (Fig. 5.44), não diferenciando de granito tipo A e I no diagrama Na<sub>2</sub>O *versus* K<sub>2</sub>O (Fig. 5.45). Comportamento similar apresenta o Granito Xingó que nos diversos diagramas clássicos aqui utilizados não apresenta diferenças acentuadas na composição química em relações aos demais granitos estudados no Domínio Canindé e também não caracteriza-se claramente como granito do tipo A ou I, ou se está relacionado a ambiente tectônico de granito intraplaca, arco vulcânico ou pós-colisional.

De acordo com Frost et al. (2001) o esquema de classificação de Pearce et al. (1984) que utiliza elementos traços como Nb, Ta, Y e Rb para distinção entre quatro maiores ambientes tectônicos: granitos de cadeia meso-oceânica (ORG), granitos de arco vulcânico (VAG), granitos intraplaca (WPG) e granitos colisionais (Syn e Post-COLG) (Fig. 5.44) pode resultar em interpretações ambíguas quanto ao ambiente tectônico de origem, pois a composição dos elementos traço em rochas graníticas é função essencialmente da fonte e da história de cristalização da fusão. Por exemplo, granitos pós-colisionais podem ser derivados de diferentes fontes, dependendo da composição da crosta adelgaçada durante a orogênese. Estes granitos também são intimamente associados com magmas máficos, os quais podem ter componentes crustais. Assim, a composição destes granitos depende essencialmente da fonte e usando os diagrama de Pearce *et al.* (1984) podem ser classificados de forma equivocada quanto ao ambiente tectônico.

Frost et al. 2001 desenvolveram um esquema de classificação com flexibilidade para acomodar as diferentes composições graníticas nos principais ambientes tectônicos com base no conhecimento das fontes do magma. A classificação usa somente elementos maiores. De acordo com os autores, os elementos menores e traço em rochas graníticas não são incompatíveis e por esta razão não podem servir de base para esquemas classificatórios. Muitos elementos traço em granitos residem em fases minerais menores e sua concentração pode ser mais função da abundância destas fases do que da composição original da fusão (Bea 1996).

1 I

Na verdade a classificação de Frost et al. (2001) usa parâmetros químicos já familiares, muitos dos quais usados em outros esquemas classificatórios para granitos. O primeiro destes parâmetros é determinado pela razão FeO/(FeO+MgO). Esta razão pode conter informações da história de diferenciação do magma granítico. Além disso, a linha de alcalinidade expressa por Na<sub>2</sub>O+K<sub>2</sub>O-CaO expressa a abundância e tipo dos feldspatos nas rochas e a relação com a fonte do magma. O terceiro parâmetro é o índice de saturação do alumínio, o qual expressa composição e abundância das micas e minerais menores. Dentro deste esquema classificatório, os granitos do Domínio Canindé são de um modo geral ricos em Fe e apresentam composições de granitos alcalino-cálcicos a alcalinos, característico de granitos do Tipo A (Figs. 5.50 e 5.51). Por definição os granitos do tipo I e S são magnesianos e peraluminosos, a cristalização da magnetita inibe o enriquecimento em Fe durante a diferenciação (Petro et al. 1979; Anderson 1983; Maniar & Piccoli 1989; Frost & Frost 1997). Os batólitos de Tipo A diferem do tipo Cordilheira por serem mais ricos em ferro e ocuparem o campo composicional dos granitos ferrosos alcalinocálcicos e alcalinos. Poucas suítes do Tipo A são ferrosos cálcio-alcalino, como no caso de charnoquitos. Muitos granitos do tipo A são metaluminosos, mas podem ser peralcalinos e até peraluminosos e com contribuições de magmas basálticos (Frost et al. 1999, Andersosn & Thomas 1985).

O índice de saturação de alumínio é dominado pela natureza da região fonte e pela natureza do processo de fusão. Magmas peraluminosos são formados por fusão de rochas máficas hidratadas e/ou sedimentos. O termo cálcio-alcalino indica um enriquecimento moderado do cálcio em relação aos álcalis. Este esquema classificatório tem implicações tectônicas. Granitos ricos em ferro refletem uma afinidade anídrica, condição comum em ambiente extensional com fracionamento, enriquecendo as rochas em Fe e na composição alcalina. Ao contrário da série magnesiana que apresenta características químicas relativamente hídrica, oxidando magmas e regiões fontes, como por exemplo, em complexo de subducção de arcos magmáticos. Assim, granitos magnesianos estariam relacionados a ambiente extensional intracontinental para o Domínio Canindé, corroborando com a marcante assinatura geoquímica continental da Unidade Gentileza, com a qual os granitos mais abundantes (Boa Esperança) estão associados.

	Tabela 5.5 - Análises de FRX em granitos do Domínio Canindé.									
	CRN-233c	CRN-269	CRN-255a	CRN-279	CRN-254b	CRN-258	CRN-247	CRN-109A		
	Granito	Granito	Granito B.	Granito						
	Serrota	Serrota	Esperança	Esperança	Esperança	Esperança	Esperança	Lajedinho		
(%)										
SiO <sub>2</sub>	59,79	51,86	72,21	72,14	66,3	74,82	73,02	71,43		
TiO <sub>2</sub>	1,273	2,04	0,494	0,246	0,663	0,121	0,387	0,121		
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	15,8	16,94	9,91	14,58	15,03	13,82	13,34	14,03		
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	5,98	11,62	6,81	1,48	3,87	0,95	2,55	1,87		
FeOt	5,381	10,456	6,128	1,332	3,482	0,855	2,294	1,683		
MnO	0,125	0,187	0,133	0,019	0,068	0,039	0,045	0,08		
MgO	2,4	3,01	0,55	0,41	1,11	0,26	0,65	1,1		
CaO	3,59	5,91	1,63	1,26	2,18	1,13	1,64	1,18		
Na <sub>2</sub> O	3,92	4,01	2,37	4,09	3,91	3,55	3,25	3,91		
K₂O	4,74	2,52	4,9	5,25	5,22	5,3	4,69	5,21		
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,841	0,755	0,027	0,108	0,31	0,043	0,122	0,33		
P.F.	0,47	0,63	0,54	0,56	1	0,29	0,48	0,23		
Soma	98,93	99,462	99,574	100,143	99,661	100,323	100,174	101,1736		
(ppm)										
Ba	1869	1580	320	838	1585	1165	738	1862		
Ce	183	103	579	87	122	48	110	142		
Cr	70	29	81	17,9	17,4	53	66	55		
Cs	42	16	<11	<11	<11	<11	12	<11		
Cu	15,6	34	13	4,7	9,5	3,9	5,7	15		
Ga	25,8	27,2	54	27,3	27	15,9	20,7	24		
La	110	44	253	50	64	27	66	67,9		
Nb	29,5	32	144	7,2	33	11,1	21,9	17,4		
Nd	95	64	496	39	58	20	47	54,2		
Ni	22,7	12,2	9	2,6	6,3	1,6	2,8	54		
Pb	17,7	' 8,2	36	53	29,9	35	31,9	19,5		
Rb	226	53	250	178	179	161	223	78,7		
Sc	<5	5 18	<5	<5	<5	<5	<5	<5		
Sn	12	2 7	21	8	9	7	9	10		
Sr	793	487	33	345	474	256	141	599		
Th	9,9	) 1,5	30	10	15,9	4,8	23,9	24,1		
υ	5,9	) 2	12,8	4	6,9	2	4,9	2,62		
V	108	136	7	17,6	51	5,4	32	82		
Y	47	' 46	215	3,9	42	15,4	27	37,8		
Zn	117	' 140	264	43	49	25	60	78		
Zr	492	. 668	353	159	563	5 114	225	553		

. .

`

(continua)

		Tabela 5.	5 - Anális	es de FRX	em granit	os do Dom	ínio Canin	dé.	
	CRN-256	CRN-225a	CRN-225b	CRN-248b	CRN-31b	CRN-61b	CRN-267a	CRN-230	CRN-11
	Granito	Granito	Granito	Granito	Granito	Granito	Granito	Granito	Granito
	Xingó	Xingó	Xingó	Xingó	Xingó	S. Novos	S. Novos	S.do Catú	P.Redondo
(%)									
SiO <sub>2</sub>	71,76	75,48	75,74	72,13	75,48	66,97	66,58	61,82	73,74
TiO <sub>2</sub>	0,254	0,036	0,043	0,422	0,17	0,5	0,616	0,697	0,14
$Al_2O_3$	15,11	13,84	13,83	13,72	12,94	13,61	13,71	13,59	14,37
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1,69	0,55	0,58	2,51	1,32	3,49	4,37	5,63	1,4
FeOt	1,521	0,495	0,522	2,258	1,188	3,140	3,932	5,066	1,260
MnO	0,043	0,037	0,039	0,078	0,04	0,07	0,08	0,115	0,03
MgO	0,49	0,07	0,07	0,9	0,18	2,06	2,87	2,4	0,31
CaO	1,73	0,79	0,78	1,62	0,87	2,19	2,66	4,1	2,03
Na <sub>2</sub> O	4,25	4,31	4,3	3,56	3,76	3,51	3,35	3,02	3,76
κ <sub>z</sub> o	4,35	4,92	4,91	4,89	4,74	5,06	5,41	6,59	3,43
P₂O₅	0,06	0,024	0,023	0,137	0,03	0,3	0,401	0,833	0,07
P.F.	0,26	0,14	0,13	0,39	0,37	0,9	0,32	0,33	0,35
Soma	99,997	100,197	100,445	100,357	99,9	99,66	100,367	99,325	99,63
()									
(ppin) Ba	806	57	57	506	246	1728	1542	3575	1004
Ce	62	26	26	82	96	11	131	234	40
Cr	36	29	32	28	11 1	69	127	77	21.3
Cs	<11	<11	14	<11	<11	<11	20	16	<11
Cu	9.8	9.2	9	5.3	2.6	20.7	21.7	50	1.8
Ga	22.5	27.3	27.7	17.5	20.6	23	24	19.6	15.4
La	38	17	16	45	49	57	70	141	18
Nb	14.5	12,8	12,7	19,4	27,6	13,2	15,9	29,4	5,8
Nd	26	16	15	38	39	42	60	85	14
Ni	1,3	1,1	1,1	4,1	1	43	55	26,1	1
Pb	38	57	58	30	27	48	47	35	24,7
Rb	1,47	257	260	228	262	201	240	175	103
Sc	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	8	<5
Sn	7	5	4	6	5	7	10	14	4
Sr	280	36	37	139	98	623	599	1215	319
Th	7	17,8	17,2	29,7	40	23,9	24,1	21,9	7,5
U	3,2	12,5	12,2	6,6	9	7	9,2	2	4
V	14,8	4,4	3,6	38	7,4	55	82	81	7,7
Y	5,4	11,1	10,9	23,6	40	20,1	22	39	9,7
Zn	42	18,3	18,7	46	18,7	. 64	78	98	33
Zr	159	79	79	207	123	207	260	373	95

I I

۰.

ī

	Tipo-I	Tipo-S	Tipo-A	CRN-255a	CRN-279	CRN-254b	CRN-258	CRN-247
(%)								
SiO2	67,98	69,08	73,6	72,21	72,14	66,3	74.82	73.02
TiO2	0,45	0,55	0,33	0,494	0,246	0.663	0.121	0.387
AI2O3	14,49	14,3	12,69	9,91	14,58	15.03	13.82	13.34
Fe2O3	1,27	0,73	0,99	6,81	1,48	3.87	0.95	2.55
FeO	2,57	3,23	1,72		-		-,	-,
MnO	0,08	0,06	0,06	0,133	0.019	0.068	0.039	0.045
MgO	1,75	1,82	0.33	0.55	0.41	1.11	0.26	0.65
CaO	3.78	2,49	1.09	1.63	1 26	2 18	1 13	1 64
Na2O	2,95	2.2	3.34	2.37	4 09	3.91	3 55	3,04
К2О	3.05	3.63	4.51	4.9	5 25	5,22	53	4 60
P2O5	0,11	0,13	0,09	0.027	0 108	0,22	0.043	4,09
2.F.	-,	0,10	0,00	0.54	0,100	0,51	0,040	0,122
Soma				99 574	100 143	99 661	100 323	0,40 100 174
••••••				55,574	100,140	33,001	100,525	100,174
(maa)								
Ba	520	480	605	32	838	1585	1165	738
Ce	63	69	134	579	87	122	48	110
Cr	27	46	3	81	17.9	17.4	53	86
Cs			-	11	10	11	11	12
Cu	11	12	6	13	4.7	9.5	39	57
Ga	16	17	21	54	27.3	27	15.9	20.7
La	29	31	55	253	50	64	27	66
Nb	9	11	22	144	72	33	11 1	21.9
Nd	23	25	56	496	39	58	20	A7
Ni	9	17	2	9	26	63	1.6	יד 2 א
Pb	16	27	29	36	53	29.9	35	2,0
Rb	132	180	199	250	178	179	161	223
Sc	15	14	14	5			5	5
Sn			, ,	21	Ř	ğ	7	ă
Sr	253	139	105	33	345	474	256	141
Th	16	19	23	30	10	15.9	48	23.9
U	3	3	5	12.8	4	69	2,0	20,0
v	74	32	76	7	176	51	54	32
Ý	27	32	76	215	3.9	42	15.4	27
Zn	52	65	102	264	43	49	25	60
Zr	14	170	342	3532	159	563	114	225

Tabela 5.6 - Granitos Boa Esperança comparados com tipos da Austrália (White & Chappell 1983).



1.1

Figura 5.42 - Diagramas de Harker com dados de granitos do Domínio Canindé.



Figura 5.44- Diagramas discriminantes para rochas graniticas (Pearce et al. 1984) com dados de granitos do Domínio Canindé.



Figura 5.45- Diagrama K<sub>2</sub>O (%) versus Na<sub>2</sub>O (%) (White & Chappell 1983) com dados de granitos do Domínio Canindé.




Figura 5.46- Diagramas de multielementos de granitos do Domínio Canindé normalizado pelo manto primitivo (Sun & McDonough 1989).



Figura 5.47- Diagramas de multielementos com médias composicionais (White & Chappell 1983) normalizado pelo manto primitivo (Sun & McDonough 1989).



Figura 5.48 - Diagramas discriminantes Ce, Zr, Nb e Y versus Ga/Al para granitos do Tipo A, I e S com dados de granitos do Domínio Canindé.



Figura 5.49 - Diagrama discriminante Ga/Al versus Zr+Nb+Ce+Y (Whalen et al. 1987) com dados de granitos do Domínio Canindé. 117

.



com dados de granitos do Domínio Canindé.

ГI



Figura 5. 51- Diagrama Na<sub>2</sub>O+K<sub>2</sub>O-CaO versus SiO<sub>2</sub> para granitos (Frost *et al.* 2001) com dados de granitos do Domínio Canindé.

# 6- GEOCRONOLOGIA E GEOQUÍMICA ISOTÓPICA NO DOMÍNIO CANINDÉ

1

A geocronologia e a geoquímica isotópica são de grande importância na resolução de áreas geológicas complexas. Para as rochas do Domínio Canindé foram realizadas análises Pb-Pb em mármores, Sm-Nd em rocha total (metassedimento, anfibolito, granito), análise U-Pb por dissolução isotópica e análises pontuais em cristais de zircão utilizando a microssonda iônica *Sensitive High Resolution Ion MicroProbe* (SHRIMP).

O Sistema Sm-Nd tem sido usado como uma efetiva ferramenta para estudos regionais de evolução de crosta continental e vem sendo aplicado na avaliação do crescimento crustal, nos processos de retrabalhamento da crosta e na contribuição de reservatórios mantélicos na gênese das rochas através do tempo geológico. Estes elementos terras raras leves são incorporados nos minerais formadores de rocha e acredita-se que a diferenciação crosta-manto é o principal processo capaz de fracioná-los. Se as rochas ígneas do Domínio Canindé tiveram origem em arco intra-oceânico, como sugerido por alguns autores, então as idades modelo Nd ao manto empobrecido (T<sub>DM</sub>) devem ser próximas das idades de cristalização das rochas e o parâmetro ENd deve ser positivo (De Paolo 1980, Harris *et al.* 1984, Pimentel & Charnley 1991, Brewer & Menuge 1998, Pressley & Brow 1999, De *et al.* 2000, Henry *et al.* 2000).

Idades modelo (T<sub>DM</sub>) significam idades de formação da crosta e indicam o tempo aproximado em que uma determinada rocha, ou seu precursor, separou-se do manto empobrecido durante um processo de diferenciação manto-crosta. O cálculo de idades modelo é determinado através do cálculo do tempo quando a amostras tinham uma composição isotópica idêntica à sua fonte. O cálculo se baseia na premissa de que na Terra o único evento que fraciona o Sm e o Nd significativamente é o evento que registra a retirada de um material siálico a partir do manto (DePaolo 1988). Quando a idade modelo coincide aproximadamente com idades U-Pb que indicam cristalização de zircão, então esta idade modelo pode realmente datar o tempo da diferenciação manto-crosta. Se, por outro lado, as idades modelos não coincidem com as idades U-Pb de zircões, são interpretadas como sendo a média de idade de diferentes fontes e representam a "idade de residência crustal" (Arndt & Goldstein 1987, DePaolo 1988).

O sistema U-Pb é utilizado desde a primeira metade do século passado para fornecer idades radiométricas, entretanto esta técnica tem sofrido um contínuo avanço até a *Sensitive High Resolution Ion MicroProbe* (SHRIMP) que tem permitido um refinamento na interpretação de

119

resultados obtidos por métodos convencionais de datação (sistema Pb-Pb e U-Pb por diluição isotópica).

I

Os dados apresentados a seguir confirmam que a geocronologia e a geologia isotópica fornecem valiosas informações acerca da formação e origem de segmentos de crosta e são decisivas para a solução de problemas básicos. Um novo cenário para a evolução geológica do Domínio Canindé revela-se a partir destes dados. A Unidade Novo Gosto continua como a base da seqüência de rochas do Domínio Canindé, entretanto possivelmente com mais de um evento de sedimentação. A Suíte Gabróica de Canindé apresenta idades compatíveis com a Unidade Gentileza e o Granito Lajedinho como sendo mais jovem em relação a estas duas unidades.

### 6.1- Unidade Novo Gosto

ιI

### 6.1.1- ISÓTOPOS Pb-Pb

Para as análises isotópicas Pb-Pb foram selecionadas as amostras CRN-136, CRN-139, CRN-194, CRN-212 e CRN-213, que correspondem a mármores da Unidade Novo Gosto. A partir dos resultados da Tabela 6.1 foi obtida a isócrona da figura 6.1 com idade de 963 ± 20 Ma (MSWD=0,87). Entretanto, o sistema Pb-Pb deve ser interpretado com cautela, pois o Pb torna-se móvel em terrenos metamórficos onde há percolação de fluídos, resultando na sua rehomogenização por diferentes fontes e, por conseguinte, em isócronas com idades que não correspondem à época de deposição dos sedimentos (Moorbath *et al.* 1987, Jahn *et al.* 1990, Smith *et al.* 1991, Babinsk 1999). Por outro lado, esta idade poderia ser interpretada como a idade relacionada ao substrato no qual foram injetadas a Suíte Gabróica Canindé e a Unidade Gentileza, sendo a fase de sedimentação precoce do ambiente extensional, onde se colocaram as rochas do Domínio Canindé.

# 6.1.2- U-Pb EM ZIRCÃO DETRÍTICO

As análises U-Pb em metassedimento da Unidade Novo Gosto foram realizadas na Austrália utilizando a SHRIMP. Esta sistemática vem sendo utilizada no estudo de rochas ígneas que foram deformadas e metamorfisadas, como é o caso dos litotipos do Domínio Canindé. A análise pontual em grãos de zircão tem elevada precisão e possibilita, além da determinação da idade de rochas ígneas, a identificação da presença de grãos herdados de eventos de recristalização ou metamorfismo, bem como a idade de áreas fontes de rochas sedimentares metamorfisadas. Assim, em relação aos isótopos Sm-Nd, as idades de zircão detrítico são mais conclusivas em termos da época da deposição e de informações mais precisas sobre as áreas fonte. A concentração das idades de populações de zircão indica uma significativa contribuição de uma determinada fonte com idade compatível. O zircão detrítico mais jovem indica a idade máxima da deposição da rocha sedimentar.

O grão de zircão mais jovem (Tab. 6.2) da Unidade Novo Gosto apresenta idade de 625 Ma ( $^{206}$ Pb/ $^{238}$ U) com razão U/Th de 0,04, indicativo de zircão metamórfico que apresentam em geral razão U/Th <0,1. O grão é prismático, bem formado, não está zonado e não difere dos demais grãos quanto à forma, logo este grão detrítico foi recristalizado na área fonte e não na rocha no qual foi encontrado.

Quando lançamos os dados em um histograma de freqüência (Fig. 6.2) observamos que ocorrem três picos distintos de idade (977-718-679 Ma). O primeiro grupo de idade realmente pode ter origem nas unidades vizinhas mais antigas, PEAL e Domínio Poço Redondo. O segundo, pode ter relação com a idade obtida para o Granito Garrote, que corresponde a uma fácies do Granito Boa Esperança (idade U-Pb 715 Ma, Van Schmus *in* Santos *et al.* 1998) e as últimas são provenientes provavelmente de rochas do próprio Domínio Canindé, como a Suíte Gabróica de Canindé, Unidade Gentileza e Granito Lajedinho

# 6.1.3- ISÓTOPOS Sm-Nd

. t

Como foi dito antes, os processos de deposição e pós-deposicionais de rochas sedimentares de granulação fina não afetam significativamente a composição química em relação aos isótopos Sm-Nd. Sua composição reflete uma média homogeneizada de áreas fonte.

Para as análises Sm-Nd da Unidade Novo Gosto foram selecionadas 12 amostras e os resultados são apresentados na Tabela 6.3. Na figura 6.3 podemos visualizar que as composições isotópicas de Nd apresentam uma variação bimodal com um grupo de metassedimentos apresentando  $T_{DM}$  em torno de 1,1 Ga e outro com 1,3-1,5 Ga, sugerindo pelo menos duas fontes para os sedimentos. Para os metassedimentos que apresentam  $T_{DM}$  de 1,1 Ga uma possível fonte seria os anfibolitos ( $T_{DM}$  1,12) sobre os quais foram esses sedimentos depositados ou a mistura de fontes mais félsicas como o Granito Lajedinho que apresenta encraves máficos. Já o grupo de metassedimentos com  $T_{DM}$  de 1,3-1,5 Ga, a possível fonte seriam as rochas do Domínio Poço Redondo ou do Maciço Pernambuco-Alagoas (PEAL).

Os valores de  $\varepsilon Nd_{(t=0)}$  negativos obtidos para as amostras da Tabela 6.3 sugerem a existência de uma crosta evoluída/retrabalhada, derivada pelo menos em parte, de uma crosta mais antiga. Por outro lado, considerando-se que 960 Ma (idade Pb-Pb) corresponde à idade aproximada de deposição de mármore que ocorre intercalado ao anfibolito da Unidade Novo Gosto, os valores obtidos para  $\varepsilon Nd_{(t=0.96)}$  são positivos, sugerindo também uma contribuição de fontes do manto. Uma situação que condiz com um ambiente de rifte continental com formação de crosta oceânica com forte envolvimento de sedimentos e da litosfera continental (White *et al.* 1987, White & McKenzie 1989).

I

## 6.2 - Unidade Gentileza

i I

#### 6.2.1 – ISÓTOPOS U-Pb

O resultado das análises realizadas na Universidade de Brasília (UnB) em cristais de zircão (por diluição isotópica) em quartzo-monzodiorito com textura *rapakivi* da Unidade Gentileza são apresentados na figura 6.4 (Tab. 6.4) que revela para esta rocha idade de  $684 \pm 7,3$  Ma. Dados de geocronologia em cristais de zircão (SHRIMP) revelaram para esta rocha idade aproximada a este valor, em torno de  $688 \pm 15$  Ma (Fig. 6.5, Tab. 6.5).

Rochas com textura *rapakivi* são importantes marcadores petrogenéticos da evolução da crosta e geralmente estão associadas a ambientes extensionais (Haapala & Rämö 1999). As assinaturas geoquímicas com marcante anomalia negativa Nb-Ta, teores elevados de Ti (>2%) e textura tipo *rapakivi* suportam o modelo extensional intra-continental para a Unidade Gentileza.

### 6.2.2 - ISÓTOPOS Sm-Nd

Para as análises Sm-Nd da Unidade Gentileza foram selecionadas 6 amostras e os resultados são apresentados na Tabela 6.3. Os anfibolitos da Unidade Gentileza apresentam dois grupos de  $T_{DM}$ , um grupo com  $T_{DM}$  em torno de 1,2-1,3 Ga e outro com 0,8-0,9 Ga, sugerindo mistura de diferentes fontes. Para o quartzo-monzodiorito com textura *rapakivi* a  $T_{DM}$  fica em torno de 0,8 Ga. Já os granitos Boa Esperança ( $T_{DM}$  1-1,2 Ga), Lajedinho ( $T_{DM}$  1,13 Ga) e Xingó ( $T_{DM}$  1-1,3 Ga) apresentam valores que se aproximam do primeiro grupo de anfibolitos da Unidade Gentileza.

Com exceção do quartzo-monzodiorito (amostra CRN-299), os valores de  $\epsilon Nd_{(t=0)}$  são negativos e sugerem fonte essencialmente crustal. Contudo, ao considerar 690 Ma (idade U-Pb

pela SHRIMP em quartzo-monzodiorito da Unidade Gentileza) como idade de cristalização das rochas da Unidade Gentileza, os valores obtidos são na maioria positivos, que seria a princípio sugestivo de fontes do manto e apoiaria um modelo de arco magmático intra-oceânico. Entretanto, basaltos de derrames continentais como Deccan (Lightfoot *et al.* 1988) e Bacia do Paraná (Garland *et al.* 1996) apresentam também valores de negativos e positivos  $\epsilon Nd_{(t)}$  (Tab. 6.6).

### 6.3- Suíte Gabróica de Canindé e Granito Lajedinho

# 6.3.1- ISÓTOPOS U-Pb

Análises em cristais de zircão por SHRIMP em gabro da Suíte Gabróica de Canindé revelaram idade em torno de  $690 \pm 16$  Ma (amostra CRN-48, Fig. 6.6. Tab.6.7). Já as análises realizadas no Granito Lajedinho (amostra CRN-109b, Fig. 6.7, Tab.6.8) apresentam idades em torno de  $634\pm30$  Ma. Quando consideramos esta idade para o cálculo do  $\epsilon Nd_{(0)}$ , são obtidos valores negativos para este corpo plutônico que a princípio apresentava semelhanças com batólito de núcleo de arco magmático com abundância de encraves de anfibolito.

Estes resultados indicam que a Suíte Gabróica Canindé é aproximadamente concomitante a Unidade Gentileza e invadiu um antigo substrato da Unidade Novo Gosto que não foi preservado ou não aflora no Domínio Canindé, restando apenas raros enclaves de anfibolito.

No.	Material	<sup>206</sup> Pb/ <sup>204</sup> Pb	Erro %	<sup>207</sup> Pb/ <sup>204</sup> Pb	Erro %	<sup>205</sup> Pb/ <sup>204</sup> Pb	Erro %
Campo			(1σ)		<u>(1σ)</u>		(1σ)
CRN-136	Mármore	27.575	0.046	16.401	0.046	38.241	0.046
CRN-139	Mármore	27.837	0.068	16.521	0.067	38.013	0.068
CRN-212B	Mármore	26.965	0.029	16.293	0.028	38.026	0.029
CRN-213	Mármore	20.391	0.053	15.824	0.051	37.631	0.052
CRN-194 L1	Mármore	19.881	0.083	15.788	0.029	37.850	0.028
CRN-194 L2	Mármore	20.535	0.045	15.839	0.045	37.759	0.046
CRN-194 L1	Mármore+mica	21.478	0.048	15.877	0.049	38.012	0.049
CRN-194 L2	Mármore+mica	20.751	0.033	15.828	0.032	37.802	0.036

Tabela 6.1 - Análises Isotópicas Pb-Pb em mármore da Unidade Novo Gosto. (L1-primeiro lixiviado 2ml HBr 0,6N; L2-segundo lixiviado 10 ml HBr0,6N).

ιı

ī



Figura 6.1- Isócrona de Pb-Pb em mármore da Unidade Novo Gosto.

Tabela 6.2 -	Análises U-Pb em zircões de metapelito da Unidade Novo	o Gosto (FS-136,	correção 204 Pb).

. .

	% comm	DDM	noa	232Th	ppm Rad	206Pb /238U	1σ	207Pb /206Pb	1σ	208Pb /232Tb	10	% Dis-
Spot Name	206	U	Th	/238U	206Pb	Age	err	Age	err	Age	err	dant
04123-D1	0,14	166	114	0,71	23,0	960,9	5,8	932	50	942	22	-3
04123-D4	0,24	185	266	1,48	25,9	970,7	5,4	873	34	940	13	-10
04123-D5	-0,69	41	60	1,51	4.0	691,4	8,6	779	105	698	19	13
04123-D6	0,15	317	226	0,74	40,4	889,3	3,7	867	28	881	11	-3
04123-D7	0,12	130	6	0,04	11,4	624,8	4,4	674	63	735	188	8
04123-D9	0,61	90	123	1,40	9,0	705,4	12,5	789	89	696	19	12
04123D11	-0,35	82	49	0,62	10,0	854,5	7,0	995	51	874	24	16
04123D12	0,07	911	1152	1,31	135,5	1029,0	2,4	959	11	1017	7	-7
04123D13	0,02	278	47	0,18	38,1	953,0	8,0	931	31	903	21	-2
04123D14	0,07	451	449	1,03	64,6	995,0	3,6	959	17	966	7	-4
04123D15	0,08	83	44	0,55	11,5	966,9	7,2	919	45	905	24	-5
04123D16	0,62	65	25	0,39	6,8	728,7	6,5	616	88	749	35	-15
04123D17	0,13	112	49	0,46	15,7	976,9	6,6	895	53	946	33	-8
04123D18	-0,14	190	280	1,52	28,1	1026,1	5,6	987	30	1026	10	-4
04123D19	-0,19	138	70	0,53	19,3	971,2	5,7	957	42	984	25	-2
04123D21	0,05	386	490	1,31	55,3	995,2	3,5	929	16	985	6	-7
04123D22	0,24	49	63	1,35	4,8	692,9	7,3	697	70	684	15	1
04123D23	0,10	267	295	1,14	27,7	735,0	3,3	653	32	731	7	-11
04123D24	0,38	119	226	1,96	11,6	692,3	5,3	565	58	679	9	-18
04123D25	-0,39	54	91	1,76	5,3	706,7	7,4	780	125	704	17	10
04123D26	-0,54	87	119	1,42	8,7	718,4	5,9	832	64	705	13	16
04123-D28	0,10	108	7	0,07	10,1	663,3	4,7	634	46	618	73	-4
04123-D30	0,17	23	20	0,88	3,2	956,9	15,2	993	111	972	45	4
04123-D31	0,05	95	106	1,15	13,3	968,7	6,8	915	45	961	15	-6
04123D33	-0,15	21	27	1,33	2,0	680,0	11,0	836	90	725	23	23
04123D34	-0,05	295	238	0,83	29,7	714,5	3,1	691	21	709	7	-3
04123D35	0,26	164	305	1,92	16,1	696,0	4,9	621	61	674	8	-11
04123D37	-0,30	247	206	0,86	21,7	629,0	3,4	686	56	622	12	9
04123D38	-0,10	314	170	0,56	45,2	1000,1	4,3	957	30	989	14	-4
04123D39	-0,12	84	208	2,55	8,3	703,4	6,0	667	49	682	10	-5
04123D40	-0,92	24	32	1,38	2,3	690,9	11,6	960	141	710	29	39
04123D41	-0,47	31	43	1,42	3,0	687,5	17,6	730	111	688	29	6
04123D43	0,07	65	107	1,68	6,4	698,7	7,0	624	124	700	18	-11
04123D44	-0,06	64	36	0,59	6,4	707,6	6,7	691	46	737	17	-2
04123D45	-0,41	118	236	2,06	11,7	704,9	5,1	846	61	697	10	20
04123D47	0,12	128	96	0,78	18,4	996,5	6,3	960	36	988	17	-4
D4123D48	-0,17	250	734	3,03	25,6	726,4	3,5	714	31	715	6	-2
04123D49	-0,03	101	40	0,42	14,4	995,0	7,6	993	27	1001	25	0
04123D50	-0,38	65	105	1,67	6,5	712,3	7,5	813	79	711	14	14
04123D52	-0,17	70	68	1,01	6,9	700,1	6,3	742	48	694	14	6
04123D-53	0,27	37	70	1,94	3,6	688,4	8,9	657	115	677	17	-5
04123D-54	-0,10	202	122	0,63	27,9	962,1	4,8	959	25	979	13	0
04123D-55	-0,36	74	131	1,83	9,9	937,3	8,1	1009	69	979	17	8
04123D-57	0,07	583	376	0,67	83,5	993,9	3,0	953	16	973	7	-4
04123D58	-0,37	104	88	0,87	14,7	984,8	7.2	1020	59	982	23	4
04123D59	-0,25	81	106	1,36	7,8	691,9	6,3	744	75	688	13	8
04123D61	0,42	31	50	1,66	3,0	677,8	10,1	703	150	689	22	4

(Continua)

.

Tabela 6.2 - Análises U-Pb em zircões em metapelito da Unidade Novo Gosto (FS-136, correção 204Pb).

ιı

.

T

	4corr		Total		Total		4corr		4corr		4corr		4corr	
Spot	208r	%	238	%	207	%	238/	%	207 <i>1</i>	%	207r	%	206r	4
Name	/232	err	/206	err	/206	err	2067	еп	/206r	err	/235	err	/238	e
04123-D1	0,0477	2,3	6,21	0,6	0,0712	1,1	6,22	0,6	0,0701	2,4	1,55	2,5	,1608	0.
04123-D4	0,0476	1,3	6,14	0,6	0,0700	1,0	6,15	0,6	0,0681	1,7	1,53	1,8	,1625	0
04123-D5	0,0351	2,7	8,89	1,3	0,0597	2,7	8,83	1,3	0,0651	5,0	1,02	5,2	,1132	1,
04123-D6	0,0445	1,3	6,75	0,4	0,0692	0,8	6,76	0,4	0,0679	1,4	1,39	1,4	,1479	0,
04123-D7	0,0370	25,6	9,81	0,7	0,0629	1,6	9,83	0,7	0,0620	3,0	0,87	3,1	,1018	0.
04123-D9	0,0350	2,7	8,59	1,8	0,0703	2,8	8,65	1,9	0,0655	4,2	1,04	4,6	,1156	1.
04123D11	0,0442	2,7	7,08	0,9	0,0696	1,6	7,06	0,9	0,0723	2,5	1,41	2,6	,1417	0
04123D12	0,0516	0,7	5,77	0,2	0,0716	0,4	5,78	0,3	0,0710	0,5	1,70	0,6	,1731	0
04123D13	0,0457	2,3	6,27	0,9	0,0702	1,4	6,28	0,9	0,0701	1,5	1,54	1,7	1593	0,:
D4123D14	0,0489	0,7	5,99	0,4	0,0716	0,8	5,99	0,4	0,0711	0,8	1,64	0,9	,1669	0,-
04123D15	0,0458	2,7	6,17	0,8	0,0703	1,4	6,18	0,8	0,0697	2,2	1,55	2,3	,1618	0,:
04123D16	0,0377	4,7	8,30	0,9	0,0652	2,4	8,36	0,9	0,0603	4,1	1,00	4,2	,1197	0,:
04123D17	0,0479	3,5	6,10	0,7	0,0699	1,2	6,11	0,7	0,0689	2,6	1,55	2,7	,1636	0,0
04123D18	0,0521	1,0	5,80	0,6	0,0709	0,9	5,80	0,6	0,0720	1,5	1,71	1,6	,1725	0,6
04123D19	0,0499	2,5	6,16	0,6	0,0695	1,1	6,15	0,6	0,0710	2,1	1,59	2,2	,1626	0,6
04123D21	0,0500	0,7	5,99	0,4	0,0704	0,7	5,99	0,4	0,0700	0,8	1,61	0,9	,1669	0,4
04123D22	0,0344	2,2	8,79	1,1	0,0646	2,3	8,81	1,1	0,0627	3,3	0,98	3,5	,1135	1,*
04123D23	0,0368	1,0	8,27	0,5	0,0622	1,0	8,28	0,5	0,0614	1,5	1,02	1,6	,1208	0,5
04123D24	0,0342	1,3	8,79	0,8	0,0620	1,5	8,82	0,8	0,0590	2,7	0,92	2,8	,1134	0,8
04123D25	0,0355	2,5	8,67	1,0	0,0621	2,2	8,63	1,1	0,0652	5,9	1,04	6,0	,1159	1,1
04123D26	0,0355	1,8	8,53	0,8	0,0626	1,8	8,48	0,9	0,0668	3,1	1,09	3,2	,1179	0,9
04123-D28	0,0310	11,9	9,22	0,7	0,0616	1,6	9,23	0,8	0,0608	2,1	0,91	2,3	,1084	0,8
04123-D30	0,0493	4,7	6,24	1,7	0,0736	2,7	6,25	1,7	0,0723	5,4	1,59	5,7	,1600	1,7
04123-D31	0,0487	1,6	6,16	0,7	0,0699	1,3	6,17	0,8	0,0695	2,2	1,55	2,3	,1621	0,8
04123D33	0,0365	3,1	9,00	1,7	0,0658	4,0	8,99	1,7	0,0670	4,3	1,03	4,7	.1113	1,7
04123D34	0,0357	1,0	8,54	0,5	0,0621	1,0	8,53	0,5	0,0625	1,0	1,01	1,1	,1172	0,5
04123D35	0,0339	1,2	8,75	0,7	0,0626	1,9	8,77	0,7	0,0605	2,8	0,95	2,9	,1140	0,7
04123D37	0,0313	1,9	9,79	0,5	0,0599	1,2	9,76	0,6	0,0623	2,6	0,88	2,7	,1025	0,6
04123D38	0,0501	1,4	5,96	0,5	0,0702	1,3	5,96	0,5	0,0710	1,5	1,64	1,5	,1678	0,5
04123D39	0,0343	1,4	8,68	0,9	0,0609	2,0	8,67	0,9	0,0618	2,3	0,98	2,5	,1153	0,9
04123D40	0,0358	4,1	8,92	1,7	0,0639	3,6	8,84	1,8	0,0711	6,9	1,11	7,1	,1131	1,8
04123D41	0,0346	4,2	8,93	2,7	0,0599	3,2	8,88	2,7	0,0636	5,2	0,99	5,9	,1126	2,7
04123D43	0,0352	2,6	8,73	1,0	0,0611	2,9	8,73	1,1	0,0606	5,7	0,96	5,8	,1145	1,1
04123D44	0,0372	2,4	8,62	1,0	0,0621	2,1	8,62	1,0	0,0625	2,2	1,00	2,4	,1160	1,0
04123D45	0,0351	1,5	8,69	0,7	0,0641	1,5	8,65	0,8	0,0673	2,9	1,07	3,0	,1156	0,8
04123D47	0,0501	1,7	5,97	0,7	0,0720	1,2	5,98	0,7	0,0711	1,8	1,64	1,9	,1672	0,7
04123D48	0,0360	0,8	8,40	0,5	0,0618	1,0	8,38	0,5	0,0632	1,4	1,04	1,5	,1193	0,5
04123D49	0,0507	2,5	5,99	0,8	0.0720	1,3	5,99	0,8	0.0722	1,3	1,66	1,6	,1669	0,8
04123D50	0,0358	2,0	8,59	1,1	0,0633	2,7	8,56	1, <b>1</b>	0,0652	3,8	1,07	3,9	,1168	1,1
04123D52	0,0349	2,0	8,73	0,9	0,0626	2,0	8,72	0,9	0,0640	2,3	1,01	2,5	,1147	0,9
04123D-53	0,0341	2,5	8,85	1,3	0,0636	2,8	8,87	1,4	0,0615	5,4	0,96	5,5	,1127	1,4
04123D-54	0,0496	1,4	6,22	0,5	0,0703	1,0	6,21	0,5	0,0711	1,2	1,58	1,3	.1610	0,5
04123D-55	0,0496	1,7	6,41	0,9	0,0701	1,6	6,39	0,9	0,0728	3,4	1,57	3,5	1565	0,9
04123D-57	0,0493	0,7	5,99	0,3	0,0714	0,7	6,00	0,3	0,0708	0,8	1,63	0,8	,1667	0,3
04123D58	0,0498	2,4	6,08	0,8	0,0703	1,5	6,06	0,8	0,0732	2,9	1,67	3,0	,1651	0,8
04123D59	0,0346	2,0	8,85	0,9	0,0621	2,7	8,83	1,0	0,0641	3,6	1,00	3,7	,1133	1,0
04123D61	0,0347	3,2	8,98	1,5	0,0662	3,2	9,02	1,6	0,0628	7,1	0,96	7,2	,1109	1,6



s,

Figura 6.2 - Histograma de freqüência com dados de zircão detrítico em metassedimento da Unidade Novo Gosto, destacando as idades de três áreas fonte principais.

	Unidade	Sm(ppm)	Nd(ppm)	1475m/144Nd	*43Nd/*44Nd	$T_{DM}$	εNd (t=0)	£Nd (t=0,96)
	Novo Gosto				(± 1s)	(Ma)		
CRN-82	metapelito	2.73	11,41	0,145	0,512113	1570	-6.06	
CRN 90d	metapelito	5,74	33,17	0,1047	0,512049	1381	-11,5	
CRN 101c	metapelito	5,16	25,50	0.1224	0.512220	1360	-8.15	
CRN 142a	metagrauvaca	7,48	43,06	0,1050	0,511971	1490	-13.02	
CRN 169	metapelito	5,66	25,82	0,1326	0.512234	1506	-7,89	
CRN 209	metarenito	5,55	26,95	0,1244	0,512113	1572	-10,23	
CRN 143a	metagrauvaca	6,24	24,28	0,1553	0,512605	1133	-0,64	
CRN 210a	metapelito migmatizado	5,20	24,89	0,1263	0,512377	1154	-5,08	
FS-136	metarenito	5,3	24,29	0,1319	0,512241	1480	-7,75	
CRN 141d	anfibolito	5,59	21,34	0,1582	0,512629	1126	-0,17	5,3
CRN-272a	anfibolito	4,10	15,27	0,1622	0,512684	1062	0,82	5,1
CRN-273b	anfibolito	5,12	20,18	0,1535	0,512550	1241	-1,72	3,60
	Gentileza							εNd <sub>(⊯0.69)</sub>
CRN-31a	anfibolito	8,4	48.66	0,1043	0,5121	1216	-9,18	-2,4
CRN-235	anfibolito	10,74	52,29	0,1241	0,5122	1313	-7,23	-2,2
CRN-254a	anfibolito	6,2	36,4	0,1029	0,5124	836	-3,9	3,6
CRN-2515	anfibolito	6,43	28,8	0,1349	0,5126	857	-0,67	4,7
CRN-220a	anfibolito	8,55	41,43	0,1247	0,5125	930	-2,65	3,7
CRN-299	quartzo-monzodiorito	4,64	18,54	0,1512	0,5126	893	0,81	3,3
	Suíte Gabróica Canindé							
EC-53	Fe-gabro	1,82	4,63	0,23801	0,512978	-	6,64	
EO-118	Fe-gabro	1,70	4,54	0,22562	0,513021	-	7,48	
EC-52.3	Fe-gabro	2,47	7,03	0,21292	0,512831	-	3,77	
EC-55	leuco-gabro	0,37	1,43	0,15537	0,512634	1068	-0,08	
ÉO-135A	leuco-gabro	7,66	35,04	0,1321	0,512303	1373	-6,53	
EO-131	gabro-norito	3,98	15,88	0,15167	0,512627	1023	-0,22	
NT-704	troctolito	1,10	5,15	0,12952	0,512487	1007	-2,94	
LH-740	norito	1,44	6,19	0,1405	0,512541	1044	-1,89	
JS-01	biotia olivina gabro	4,40	20,73	0,1286	0,512379	1180	-5,05	
Peg-Gb	gabro	0,78	3,16	0,15005	0,512635	<b>97</b> 9	-0,06	
	Granitos							εNd ((=0,63)
Pt,2	Lajedinho	7,2	38,12	0,11419	0,512244	1219	-7,69	-1.0
CRN-1098	Lajedinho	7,62	40,82	0,1129	0,512291	1135	-6,77	-1,8
CRN-2330	: Serrota	9,92	53,95	0,1111	0,512341	1042	-5,78	
CRN-269	Serrota	8,09	39,99	0,1223	0,512412	1053	-4,42	
CRN-258	Boa Esperança	2,18	12,09	0,1092	0,512201	1225	-8,53	
CRN-247	) Boa Esperança	5,29	26,11	0,1224	0,512386	1095	-4,92	
CRN-2541	) Boa Esperança	7,23	39	0,112	0,512368	1012	-5,26	
CRN-225	Xingó	1,16	4,82	0,1461	0,512580	1044	-1,14	
CRN-256	Xingó	1,96	11,53	0,1029	0,512039	1375	-11,89	
CRN-2678	a Sitios Novos	7,64	40,61	0,1137	0,512057	1496	-11,34	
CRN-61b	Sítios Novos	8,08	42,66	0,1146	0,512016	1570	-12,13	

#### Tabela 6.3 - Dados de isótopos de Nd para Domínio Canindé.

11

٦

ı.



Figura 6.3 - Evolução do Nd nos metassedimentos da Unidade Novo Gosto e suas possíveis fontes.

Tabela 6.4 - Anàlises U-Pb por diluição isotópica em quartzo-monzodiorito da Unidade Gentileza (JS-18a)

£ 1

٩

Sample					<sup>206</sup> Pb/	Pb <sup>207</sup> /
	υ	Pb	Th	Th/U	<sup>204</sup> Pb	<sup>235</sup> U
	ppm	ppm	ppm			
JS 18A 16	86,341	10,959	108,8	1,26012	204,7826	0,956414
JS 18A 20	142,98	18,221	54,41	0,380543	364,4123	1,00601
JS 18A V	103,67	12,262	32,98	0,318125	243,7130	0,961909
Sample <sup>2</sup>	<sup>206</sup> Pb/	Correl.	<sup>207</sup> Pb/	<sup>206</sup> Pb/	<sup>207</sup> Pb/	<sup>207</sup> Pb/
· .	<sup>z38</sup> ປ	Coeff.	<sup>206</sup> Pb	<sup>238</sup> U	<sup>235</sup> U	<sup>206</sup> ₽b
	-			Age	Age	Age
JS 18A 16	0,112643	0,948356	0,06158	688,08	681,44	659,55
JS 18A 20	0,114845	0,69555	0,0635314	700,83	706,86	726,07
JS 18A V	0,111514	0,87288	0,0625607	681,54	684,28	693,33



Figura 6.4 - Isócrona U-Pb em quartzo-monzodiorito com textura rapakivi da Unidade Gentileza.

Tabala 6.5 - Análises U-Pb em zircões de quartzo-monzodiorito da Unidade Genitleza (CRN-299, correção 204 Pb).	
--	--

.. l

												%
	%				ppm	206Pb		207 <b>P</b> b		208Pb		Dis-
	comm	ppm	ppm	232Th	Rad	/238U	1 <del>0</del>	/206Pb	1σ	/232Th	1 <del>0</del>	CO1-
Spot Name	206	<u> </u>	Th	/238U	206Pb	Age	err	Age	eп	Age	err	dant
04115-B-1	-0,02	475	453	0,98	47,6	711,9	6,B	680	18	695	8	-4
04115-B-2	0,01	625	560	0,92	66,2	748,9	6,0	664	15	728	8	-11
04115-B-3	0,01	749	375	0,52	77,6	734,7	5,B	663	15	712	8	-10
04115-B-4	0,24	238	108	0,47	22,5	672,0	6,1	613	48	580	25	-9
04115-B-5	0,46	282	196	0,72	24,6	620,9	5,5	743	46	641	12	20
04115-B-6	-0,04	267	110	0,43	25,0	667,9	5,9	773	25	693	12	16
04115-B-7	-0,08	443	257	0,60	46.0	735,0	6,0	719	20	743	9	-2
04115-B-8	0,00	1112	52	0,05	116,1	739,2	5,6	691	11	710	22	-7
04115-B-9	-0,06	381	270	0,73	32,8	615,6	5,1	744	22	683	9	21
34115-B-10	0,05	687	507	0,76	69,7	719,1	5,6	653	20	717	8	-9
34115-8-11	0,04	622	323	0,54	63,1	718,9	5,6	657	15	704	8	-9
4-115-B-12	0,00	509	432	0,88	50,0	697,1	5,6	692	25	703	8	-1
4-115-B-13	0,05	503	285	0,59	44,2	628,3	5.3	714	31	518	14	14
4-115-B-14	0,12	676	652	1,00	70,9	741,6	5,8	657	19	721	7	-11
4-115-B-15	-0,01	686	347	0,52	70,2	725,8	5,7	694	17	719	8	-4
4-115-B-16	0,09	362	57	0,16	32,8	646,8	5,4	584	39	593	33	-10
4-115-8-17	0,06	168	116	0,71	16,3	688,7	6,4	762	36	698	16	11
4-115-B-18	0,15	360	203	0,58	37,4	735,9	6,2	629	29	728	11	-15
4-115-B-19	0,12	459	239	0,54	41,3	640,4	5,2	682	25	602	9	6
4-115-B-19	0,10	445	270	0,63	45,8	728,7	5,9	666	25	701	9	-9
4-115-B-21	0,03	371	266	0,74	39,6	753,8	6,2	678	21	746	13	-10
4-115-B-22	0,04	444	308	0,72	46,0	734,6	6,1	663	20	723	9	-10
04-115-B23	-0,03	373	267	0,74	37,7	717,3	5,9	718	18	709	8	0
04-115-B24	0,05	561	386	0,71	52,5	665,8	5,3	714	19	668	8	7
04-115-B25	0,12	191	83	0,45	18,4	683,5	6,3	656	54	547	20	-4
04-115-B26	0,11	482	371	0,79	48,7	715,7	5,7	641	27	700	9	-10
04-115-B27	0,00	368	227	0,64	36,8	709,9	6,1	667	20	711	11	-6
04-115-B28	0,01	1236	69	0,06	126,8	727,5	5,5	683	11	684	15	-6
4-115-B-29	0,18	170	194	1,18	17,2	719,3	6,7	677	41	715	11	-6
4-115-8-30	0,11	549	464	0,87	56,5	729,1	5,8	649	31	713	9	-11
4-115-B-31	0,08	828	228	0.28	80,5	689.9	5.3	693	16	646	10	ρ

Spot Name	4cort 208r /232	% ел	Totai 238 /206	% err	Total 207 /206	% err	4corr 238/ 206r	% еп	4corr 207r /206r	% еп	4corr 207r /235	% еп	4corr 206r /238	% ел
04115-B-1	0,035	1,2	8,57	1,0	0,062	0,8	8,56	1,0	0,062	0,8	1,00	1,3	0,117	1,0
04115-B-2	0,037	1.0	8,12	0,8	0,062	0,7	8,12	0,8	0,062	0,7	1,05	1,1	0,123	0,8
04115-B-3	0,036	1,1	8,28	0,8	0,062	0,6	8,28	0,8	0,062	0,7	1,03	1,1	0,121	0,8
04115-B-4	0,029	4,3	9,08	0,9	0,062	1,2	9,10	1,0	0,060	2,2	0,91	2,4	0,110	1,0
04115-B-5	0,032	1,9	9,85	0,9	0,068	1,1	9,89	0,9	0,064	2,2	0,89	2,4	0,101	0,9
04115-B-6	0,035	1,7	9,16	0,9	0,065	1,2	9,16	0,9	0,065	1.2	0,98	1,5	0,109	0,9
04115-8-7	0,037	1,3	8,29	0,9	0,063	0,8	8,28	0,9	0,063	0,9	1,05	1,3	0,121	0,9
04115-B-8	0,036	3,1	8,23	0,8	0,063	0,5	8,23	0,8	0,062	0,5	1,05	1,0	0,122	8,0
04115-B-9	0,034	1,3	9,99	0,9	0,064	1,0	9,98	0,9	0,064	1,0	0,89	1,4	0,100	0,9
34115-B-10	D,036	1,1	8,47	0,8	0,062	0,6	8.47	0,8	0,061	1,0	1,00	1.3	0,118	0,8
04115-B-11	0,035	1,1	8,47	0,8	0,062	0,7	8,48	0,8	0,062	0,7	1,00	1,1	0,118	8,0
-4-115-B-12	0,035	1,1	8,76	0,8	0,063	1,2	8,76	0,8	0,063	1,2	0,98	1,4	0,114	0,8
4-115-8-13	0,026	2,7	9,76	0,9	0,064	1,3	9,77	0,9	0,063	1,5	0,89	1,7	0,102	0,9
4-115-B-14	0,036	1,0	8,19	0,8	0,062	0,7	8,20	0,8	0,061	0,9	1,03	1.2	0,122	0,8
4-115-B-15	0,036	1,1	8,39	0,8	0,062	0,8	8,39	0,8	0,063	0,8	1,03	1,1	0,119	0,8
4-115-8-16	0,030	5,6	9,47	0,9	0,060	1,0	9,48	0,9	0,059	1,8	0,87	2,0	0,106	0,9
4-115-B-17	0,035	2,3	8,86	1,0	0,065	1,3	8,87	1.0	0,065	1,7	1,00	2,0	0,113	1,0
4-115-B-18	0,037	1,6	8,26	0,9	0,062	1,0	8,27	0,9	0,061	1,4	1,01	1,6	0,121	0,9
4-115-B-19	0,030	1,5	9,56	D,9	0,063	0,8	9,57	0.9	0,062	1,2	0,90	1,4	0,104	0,9
4-115-8-19	0,035	1,3	8,35	0,9	0,063	1,0	8,36	0,9	0,062	1,2	1,02	1,4	0,120	0,9
4-115-B-21	0,038	1,7	8,06	0,9	0,062	0,9	8,06	0,9	0,062	1,0	1,06	1,3	0,124	0,9
4-115-8-22	0,036	1,3	8,28	0,9	0,062	0,8	8,29	0,9	0,062	0,9	1,03	1,3	0,121	0,9
04-115-B23	0,036	1.2	8,50	0,9	0,063	0,8	8,50	0,9	0,063	0,9	1,03	1,2	0,118	0,9
04-115-B24	0,034	1,2	9,19	0,8	0,064	0,7	9,19	0,8	0,063	0,9	0,95	1.2	0,109	0,8
04-115-B25	0,027	3,7	8,93	1,0	0,062	1,2	8,94	1,0	0,061	2,5	0,95	2,7	0,112	1,0
04-115-B26	0,035	1,3	8,51	0,8	0,062	8,0	8,52	0,8	0,061	1,3	0,99	1,5	0,117	8,0
04-115-B27	0,036	1,6	8,59	0,9	0.062	0,9	8,59	0,9	0,062	0,9	0,99	1,3	0,116	0,9
04-115-B28	0,034	2,2	8,37	0,8	0,062	0,5	8,37	0.8	0.062	0,5	1,03	0,9	0,119	0,8
·4-115-B-29	0,036	1,5	8,46	1,0	0,064	1,3	8,47	1,0	0,062	1,9	1,01	2,2	0,118	1,0
<b>:4-1</b> 15 <b>-</b> 8-30	0,035	1,3	8,34	0,8	0,062	0,7	8,35	0,8	0,061	1,4	1,01	1,7	0,120	0,8
A 415 2 34	0.032	1.5	9 95	0.8	0.063	0.6	8 85	0.8	0.063	0.8	0 97	1 1	0 1 1 3	0.9



I.

Figura  $6.5 - Idade \frac{207}{Pb}/\frac{206}{Pb}$  obtida por SHRIMP em quartzo-monzodiorito da Unidade Gentileza.

Tabela 6.6 - Dados ENd (t) de derrames basálticos continentais.

; 1

Basaltos	do Decca	ın (t= 60 ]	Ma) (Ligh	tfoot et a	d. 1988)			
ENd (t)	2,52	5,05	5,25	5,05	4,47	2,71	3,10	3,30
Basaltos	da Bacia	do Paran	á com bai	xo Ti (t=	130 Ma)	(Garland	et al. 199	96)
εNd (t)	-1,97	-2,56	-1,58	-4,51	-7,04	-3,92		
Basaltos	da Bacia	do Paran	á com alto	o Ti (t= 1	30 Ma <u>) (</u>	Garland e	t al. 1996	)
εNd (t)	-1,78	-3,14	-2,36	-2,75	-0,02	-4,31		

Tabela 6.7 - Análises U-Pb em zircão de gabro da Suíte Gabróica de Canindé (CRN-48, correção 204Pb).

.

. .

۲

									%
	%		206Pb		207Pb		208Pb		Dis-
	comm	232Th	/238U	1σ	/206Pb	1σ	/232Th	1σ	cor-
Spot Name	206	/238U	Age	err	Age	err	Age	err	dant
04115.C-7-1	-0,36	1,20	717,3	7,6	767	94	711	19	7
04115.C-7-3	-0,18	0,92	705,2	8,3	757	48	723	16	7
04115.C12-1	-0,16	0,70	701,5	7,5	757	49	711	17	8
04115.C12-2	0,46	0,62	725,1	7,7	653	81	668	25	-10
04115.C6-1	0,26	0,90	721,7	5,8	655	51	693	13	-9
04115.C6-2	0,08	0,70	689,7	2,9	687	19	687	6	0
04115.C6-3	-0,11	0,55	716,2	5,2	749	29	731	15	5
04115,C8-1	-0,44	0,91	728,8	8,6	863	65	741	20	18
04115.C8-2	-0,10	0,75	691,0	12,2	698	65	705	24	1
04115.C10-1	0,04	0,67	690,0	3,4	694	24	675	8	1
04115.C10-2	0,08	0,70	708,2	9,8	678	55	685	18	-4
04115.C10-3	0,03	0,59	704,1	5,2	705	31	716	12	D
04115.C9-1	0,47	1,26	711,2	6,4	676	64	714	13	-5
04115.C9-2	0,15	1,24	689,6	5,5	745	49	693	11	8
04115.C9-3	0,42	0,71	684,9	8,4	637	90	661	24	-7
04115.C11-1	0,16	0,98	719,9	10,1	658	82	701	21	-9
04115.C11-2	-0,07	1,02	684,1	8,6	686	32	701	14	0
04115.C11-3	-0,17	1,14	717,8	6,6	723	52	724	13	1
04115.C4-1	0,11	0,77	705,5	4,7	715	39	710	11	1
04115.4-2	0,13	1,15	697,5	11,3	633	140	675	27	-9
04115.4-3	0,07	1,05	706,2	4,1	721	24	705	9	2
04115.4-3.1	-0,81	0,99	705,8	10,8	880	102	719	27	25
04115.4-4	-0,04	1,28	734,7	7,0	743	37	736	12	1

	4corr		Total		Total		4corr		4corr		4corr		4corr	
	208r	%	238	%	207	%	238/	%	207 r	%	2071	%	206r	%
Spot Name	/232	en	/206	err	/206	en	206r	err	/206 r	en	/235	err	/238	err
04115.C-7-1	0,036	2,6	8,53	1,1	0,062	1,9	8,50	1,1	0,065	4,5	1,05	4,6	0,118	1.1
04115.C-7-3	0,036	2,3	8,67	1,2	0,063	2,2	8,65	1,2	0,064	2,3	1,03	2,6	0,116	1,2
04115.C12-1	0,036	2,4	8,71	1,1	0,063	2,0	8,70	1,1	0,064	2,3	1,02	2,6	0,115	1,1
04115.C12-2	0,034	3,7	8,36	1,1	0,065	1,7	8,40	1,1	0,061	3,6	1,01	3,9	0,119	1,1
04115.C6-1	0,035	1,9	8,42	0,8	0,063	1,4	8,44	0,8	0,061	2,4	1,00	2,5	0,118	0,8
04115.C6-2	0,035	0,9	8,85	0,4	0,063	0,7	8,86	0,4	0,062	0,9	0,97	1,0	0,113	0,4
04115.C6-3	0,037	2,1	8,52	0,8	0,063	1,2	8,51	0,8	0,064	1,4	1,04	1,6	0,118	0,8
04115.C8-1	0,037	2,7	8,39	1,2	0,064	2,1	8,35	1,3	0,068	3,1	1,12	3,4	0,120	1,3
04115.C8-2	0,035	3,3	8,85	1,9	0,062	3,0	8,84	1,9	0,063	3,0	0,98	3,6	0,113	1,9
04115.C10-1	0,034	1,2	8,85	0,5	0,063	0,9	8,85	0,5	0,063	1,1	0,97	1,2	0,113	0,5
04115.C10-2	0,034	2,7	8,60	1,5	0,063	1,8	8,61	1,5	0,062	2,6	0,99	3,0	0,116	1,5
04115.C10-3	0,036	1,6	8,66	0,8	0,063	1,3	8,66	0,8	0,063	1,5	1,00	1,7	0,115	0,8
04115.C9-1	0,036	1,8	8,53	0,9	0,066	1,6	8,57	0,9	0,062	3,0	1,00	3,2	0,117	0,9
04115.C9-2	0,035	1,6	8,84	0,8	0,065	1,5	8,86	8,0	0,064	2,3	1.00	2,5	0,113	0,8
04115.C9-3	0,033	3,6	8,88	1,3	0,064	2,2	8,92	1,3	0,061	4,2	0,94	4,4	0,112	1,3
04115.C11-1	0,035	3,0	8,45	1,5	0,063	2,5	8,46	1,5	0,062	3,6	1,00	4,1	0,118	1,5
04115.C11-2	0,035	1,9	8,94	1,3	0,062	1,5	8,93	1,3	0,062	1,5	0,96	2,0	0,112	1,3
04115.C11-3	0,036	1,9	8,51	1,0	0,062	1,7	8,49	1,0	0,063	2,5	1,03	2,6	0,118	1.0
04115.C4-1	0,036	1,6	8,64	0,7	0,064	1,2	8,65	0,7	0,063	1,8	1,01	2,0	0,116	0,7
04115.4-2	0,034	4,1	8,74	1,7	0,062	3,0	8,75	1,7	0,061	6,5	0,96	6,7	0,114	1,7
04115.4-3	0,035	1,3	8,63	0,6	0,064	1,0	8,64	0,6	0,063	1,1	1,01	1,3	0,116	0,6
04115.4-3.1	0,036	3,7	8,71	1,6	0,062	2,8	8,64	1,6	0,068	4,9	1,09	5,2	0,116	1,6
D4115.4-4	0.037	1.7	8.29	1.0	0,064	1.7	8,28	1.0	0,064	1.7	1.07	2.0	0,121	1.0

Tabela 6.8 - Análises U-Pb e	m zircões do granito	> Lajedinho (CRN-109	b, coπeção <sup>204</sup> Pb).

. | .

-

١

												%	
	%				ppm	206Pb		207РЬ		208РЪ		Dis-	
	comm	ppm	ррт	232Th	Rad	/238U	10	/206Pb	10	/232Th	1σ	cor-	
Spot Name	206	U	Th	/238U	206Pb	Age	err	Age	err	Age	err	dant	
0470-11-1	0.22	425	281	0.68	36.7	615,4	3.1	601	35	595	14	-2	
)470-11-1.2	0.24	357	158	0.46	30.7	614.4	3.0	630	40	569	13	3	
0470-11-2	-0.03	225	184	0.84	19.9	630.3	37	691	29	624	8	10	
1470-11-2 2	-0.08	677	435	0.66	58.9	622.8	22	676	19	819	ě	â	
0470-11-3	0,00	223	345	1.60	18.0	605.7	37	665	51 51	619	ő	40	
0470-10-1	0.25	224	165	0.78	10.0	c12.0	30	620	57	610	90	10	
0470-10-1	0,25	205	100	0,10	19,2	010,0	3,0	023	37	623	30	3	
0470-10-2	0,05	203	101	0,81	10,0	626,4	3,9	708	<del>44</del> 4 <b>0</b>	619	11	13	
0470-10-3	0,25	343	237	0,71	29,7	616,9	3,1	605	40	601	11	-2	
0470-10-4	0,06	322	208	0,67	28,9	639,2	3,1	631	47	630	10	-1	
0470-2-1	-0,04	602	592	1,02	53,1	630,0	4,8	650	22	536	11	3	
0470-2-2	-0,02	447	223	0,52	40,6	647,4	3,0	642	32	630	10	-1	
0470-3-1	0,06	268	171	0,66	23,3	621,5	3,3	631	33	617	9	2	
0470-3-1.2	0,03	494	477	1,00	42,9	620,1	2,5	639	21	612	7	3	
0470-8-2	0.33	217	161	0.77	19.0	625.3	4.0	553	67	613	14	-12	
0470-8-3	-0,55	190	17	0.09	15.5	586.3	73	856	63	815	105	46	
0470-8-3.2	0.21	411	286	0.72	36.0	623.4	4.6	545	39	303	10	-13	
0470-6-2	-0.18	510	239	0.48	45 7	679 9	26	709	28	657	11	12	
0470-6-3	-0,06	348	300	0,70	31 /	644 5	3 3	547	25	629	7	0	
0470-0-0	0,00	415	200	0,00	27.4	049,0	0,2	407	20	030	~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~	~~	
0470-7-1	0,20	413	200	0,72	37,4	642,J	3,1	467	09	614	21	-24	
0470-7-2	-0,02	165	147	0,82	16,3	623,5	4,5	656	35	633	10	5	
0470-7-3	0,33	261	207	0,82	23,1	629,2	4,2	598	57	619	13	-5	
0470-7-3.2	-0,20	316	189	0,62	27,1	613,7	3,8	709	61	646	11	16	
0470-14-1	0,26	350	288	0,85	30,3	617,3	3,8	583	52	607	43	-6	
0470-17-1	0,15	290	162	0,58	26,4	648,5	3,6	616	34	650	10	-5	
0470-22-1	0,05	322	218	0,70	28,0	622,1	3,2	680	30	621	8	9	
0470-18-1	0.11	651	300	0.48	59,6	651,4	2,4	626	29	636	10	-4	
	•			-									
	•					-							
	4сол		Total		Total	-	4corr		40017		4corr		4corr
	4сол 208г	%	Total 238	%	Total 207	%	4corr 238/	%	4corr 207r	%	4corr 207r	%	4corr 206r
Spot Name	4сол 208r /232	% егг	Total 238 /206	% err	Total 207 /206	% err	4corr 238/ 206r	% еп	4corr 207r /206r	% err	4corr 207r /235	% err	4corr 205r /238
Spot Name	4сол 208r /232 0.030	% err 2.4	Totai 238 /206 9.96	% err	Total 207 /206	% err 1.0	4corr 238/ 206r 9.98	% еп 05	4corr 207r /206r	% err 1.6	4corr 207r /235	% 	4corr 205r /238
Spot Name 0470-11-1 1470-11-1-2	4сол 208r /232 0,030 0,029	% err 2,4 2,3	Totai 238 /206 9,96 9.98	% err 0.5 0.5	Total 207 /206 0,062 0.063	% err 1,0 1,1	4corr 238/ 206r 9,98	% еп 0,5 0,5	4corr 207r /206r 0.060 0.061	% err 1,6 1.9	4corr 207r /235 0,83 0.84	% err 1,7 1.9	4corr 205r /238 0,100 0.100
Spot Name 0470-11-1 )470-11-1.2 0470-11-2	4сол 208r /232 0,030 0,029 0,031	% еп 2,4 2,3 1,3	Totai 238 /206 9,96 9,98 9,74	% err 0.5 0.5	Total 207 /206 0,062 0,063 0.062	% err 1,0 1,1 1,4	4corr 238/ 206r 9,98 10,00 9,74	% en 0,5 0,5	4corr 207r /206r 0,060 0,061 0,062	% err 1,6 1,9 1.4	4corr 207r /235 0,83 0,84 0,89	% err 1,7 1,9 1 5	4corr 205r /238 0,100 0,100 0,103
Spot Name 0470-11-1 1470-11-2 0470-11-2	4corr 208r /232 0,030 0,029 0,031 0,031	% err 2,4 2,3 1,3 1,0	Total 238 /206 9,96 9,98 9,74 9,87	% err 0,5 0,5 0,6	Total 207 /206 0,062 0,063 0,062 0,061	% err 1,0 1,1 1,4 0.8	4corr 238/ 206r 9,98 10,00 9,74 9,85	% en 0,5 0,5 0,6 0,6	4corr 207r /206r 0,060 0,061 0,062 0,062	% err 1,6 1,9 1.4 0.9	4corr 207r /235 0,83 0,84 0,89 0,87	% err 1,7 1,9 1,5 0,9	4corr 205r /238 0,100 0,100 0,103 0,101
Spot Name 0470-11-1 1470-11-1.2 0470-11-2 1470-11-2.2 0470-11-3	4corr 208r /232 0,030 0,030 0,031 0,031	% err 2,4 2,3 1,3 1,0 1,4	Totai 238 /206 9,96 9,98 9,98 9,74 9,87 10,14	% err 0.5 0.5 0,6 0,4	Total 207 /206 0,062 0,063 0,062 0,061 0,063	% err 1,0 1,1 1,4 0,8 1,4	4corr 238/ 206r 9,98 10,00 9,74 9,85 10,15	% en 0,5 0,5 0,6 0,4 0,6	4corr 207r /206r 0,060 0,061 0,062 0,062 0,062	% err 1,6 1,9 1,4 0,9 2,9	4corr 207r /235 0,83 0,83 0,84 0,89 0,87 0,84	% err 1,7 1,9 1,5 0,9 2,9	4corr 205r /238 0,100 0,100 0,100 0,103 0,101 0,099
Spot Name 0470-11-1 )470-11-2 0470-11-2 )470-11-2 0470-11-3 0470-10-1	4corr 208r /232 0,030 0,030 0,031 0,031 0,031	% err 2,4 2,3 1,3 1,0 1,4 57	Totai 238 /206 9,96 9,98 9,74 9,87 10,14 10,00	% err 0.5 0.5 0,6 0,4 0,6	Totai 207 /206 0,062 0,063 0,062 0,061 0,063 0,063	% err 1,0 1,1 1,4 0,8 1,4	4corr 238/ 206r 9,98 10,00 9,74 9,85 10,15 10,02	% er 0,5 0,5 0,6 0,4 0,6	4corr 207r /206r 0.060 0.061 0.062 0.062 0.062 0.062	% err 1,6 1,9 1,4 0,9 2,9 2,7	4corr 207r /235 0,83 0,83 0,84 0,89 0,87 0,84 0,84	% err 1,7 1,9 1,5 0,9 2,9 2,7	4corr 206r /238 0,100 0,100 0,103 0,101 0,099 0,100
Spot Name 0470-11-1 1470-11-2 0470-11-2 1470-11-2 0470-11-3 0470-10-2	4corr 208r /232 0,030 0,029 0,031 0,031 0,031 0,031	% err 2,4 2,3 1,3 1,0 1,4 5,7 1,8	Totai 238 /206 9,96 9,98 9,74 9,87 10,14 10,00 9,79	% err 0.5 0.5 0.6 0.4 0.6 0.6	Totai 207 /206 0,062 0,063 0,062 0,061 0,063 0,063	% err 1,0 1,1 1,4 0,8 1,4 1,3 1,4	4corr 238/ 206r 9,98 10,00 9,74 9,86 10,15 10,02 9,80	% er 0,5 0,5 0,6 0,4 0,6 0,6	4corr 207r /206r 0.060 0.061 0.062 0.062 0.062 0.063	% err 1,6 1,9 1,4 0,9 2,9 2,7 2,1	4corr 207r 1235 0,83 0,84 0,89 0,87 0,84 0,84 0,84 0,89	% err 1,7 1,9 1,5 0,9 2,9 2,7 2,7	4corr 205r /238 0,100 0,100 0,100 0,101 0,099 0,100 0,100
Spot Name 0470-11-1 1470-11-1.2 0470-11-2 1470-11-2.2 0470-11-3 0470-10-1 0470-10-2 0470-10-3	4corr 208r /232 0,030 0,029 0,031 0,031 0,031 0,031 0,031	% err 2,4 2,3 1,3 1,0 1,4 5,7 1,8 1,8	Totai 238 /206 9,96 9,98 9,74 9,87 10,14 10,00 9,79 9,93	% err 0.5 0.5 0.6 0.4 0.6 0.6 0.6	Totai 207 /206 0,062 0,063 0,062 0,063 0,063 0,063 0,063	% err 1,0 1,1 1,4 0,8 1,4 1,3 1,4 1,2	4corr 238/ 205r 9,98 10,00 9,74 9,85 10,15 10,02 9,80 9,80	% er 0,5 0,5 0,6 0,4 0,6 0,6 0,7 0,5	4corr 207r /206r 0.060 0.061 0.062 0.062 0.062 0.063 0.063 0.063	% err 1,6 1,9 1,4 0,9 2,9 2,7 2,1 18	4corr 207r 1235 0,83 0,84 0,89 0,87 0,84 0,84 0,84 0,84 0,89 0,83	% err 1,7 1,9 1,5 0,9 2,9 2,7 2,7 2,2	4corr 205r /238 0,100 0,103 0,101 0,099 0,100 0,102 0,100
Spot Name 0470-11-1 )470-11-1.2 0470-11-2 )470-11-2 0470-11-3 0470-10-1 0470-10-2 0470-10-3 0470-10-4	4corr 208r /232 0,030 0,031 0,031 0,031 0,031 0,031 0,031 0,031 0,032	% err 2,4 2,3 1,0 1,4 5,7 1,8 1,9 1,9	Totai 238 /206 9,96 9,88 9,74 9,87 10,14 10,00 9,79 9,93 0,50	% err 0,5 0,5 0,6 0,6 0,6 0,6 0,5	Total 207 /206 0,062 0,063 0,062 0,061 0,063 0,063 0,063 0,063 0,062	% err 1,0 1,1 1,4 0,8 1,4 1,3 1,4 1,3 1,4 1,2	4corr 238/ 206r 9,98 10,00 9,74 9,86 10,15 10,02 9,80 9,96 9,96	% err 0,5 0,5 0,6 0,6 0,6 0,6 0,7 0,5	4corr 207r /206r 0,060 0,061 0,062 0,062 0,062 0,061 0,063 0,050	% err 1.6 1.9 1.4 0.9 2.9 2.7 2.1 1.8 2.2	4corr 207r /235 0,83 0,84 0,89 0,87 0,84 0,89 0,87 0,84 0,89 0,83 0,83	% err 1,7 1,9 1,5 0,9 2,9 2,7 2,2 1,9 2,2	4corr 205r /238 0,100 0,103 0,101 0,099 0,100 0,102 0,100 0,100
Spot Name 0470-11-1 1470-11-2 0470-11-2 0470-11-2 0470-11-3 0470-10-1 0470-10-2 0470-10-3 0470-10-4 0470-2 1	4corr 208r /232 0,030 0,029 0,031 0,031 0,031 0,031 0,031 0,031 0,031 0,031 0,032 0,032	% err 2,4 2,3 1,3 1,0 1,4 5,7 1,8 1,9 1,7 1,7	Totai 238 /206 9,96 9,98 9,87 10,14 10,00 9,79 9,93 9,59 9,59	% err 0,5 0,5 0,6 0,6 0,6 0,6 0,6 0,5 0,5	Total 207 /206 0.063 0.063 0.063 0.063 0.063 0.063 0.063 0.063	% err 1,0 1,1 1,4 0,8 1,4 1,3 1,4 1,2 1,6 1,0	4corr 238/ 205r 9,98 10,00 9,74 9,86 10,15 10,02 9,80 9,96 9,59 9,54	% en 0,5 0,5 0,6 0,6 0,6 0,6 0,7 0,5 0,5	4corr 207r /206r 0,060 0,061 0,062 0,062 0,065 0,065 0,065 0,065 0,065	% err 1,6 1,9 1,4 0,9 2,9 2,7 2,1 1,8 2,2 1,0	4corr 207r /235 0,83 0,84 0,84 0,87 0,84 0,84 0,84 0,84 0,84 0,83 0,83 0,83 0,87	% err 1,7 1,9 1,5 2,9 2,9 2,7 2,2 1,9 2,2	4corr 205r /238 0,100 0,100 0,101 0,099 0,100 0,102 0,100 0,102 0,100 0,104 0,104
Spot Name 0470-11-1 1470-11-2 0470-11-2 0470-11-2 0470-11-3 0470-10-1 0470-10-2 0470-10-3 0470-10-4 0470-2-1 0470-2 2	4corr 208r /232 0,030 0,029 0,031 0,031 0,031 0,031 0,031 0,031 0,031 0,032 0,032	% err 2,4 2,3 1,3 1,4 5,7 1,8 1,9 1,7 2,1	Totai 238 /206 9,96 9,98 9,74 9,87 10,14 10,00 9,79 9,93 9,59 9,75 9,75	% err 0,5 0,6 0,6 0,6 0,6 0,5 0,5 0,5	Total 207 /206 0.062 0.063 0.063 0.063 0.063 0.063 0.063 0.063 0.063 0.065 0.061	% err 1,0 1,1 1,4 0,8 1,4 1,3 1,4 1,2 1,6 1,0	4corr 238/ 206r 9,98 10,00 9,74 10,00 9,74 10,15 10,02 9,80 9,96 9,59 9,59 9,59	% en 0,5 0,6 0,6 0,6 0,6 0,7 0.5 0,5 0,8 0,8	4corr 207r /206r 0,060 0,061 0,062 0,062 0,063 0,063 0,063 0,061 0,061	% err 1,6 1,9 1,4 0,9 2,9 2,7 2,1 1,8 2,2 1,0 1,5	4corr 207r 1235 0,83 0,84 0,89 0,87 0,84 0,84 0,84 0,84 0,84 0,84 0,83 0,87 0,87 0,89	% err 1,7 1,9 1,5 2,9 2,7 2,2 1,9 2,2 1,6	4corr 205r /238 0,100 0,100 0,100 0,100 0,100 0,100 0,100 0,100 0,104 0,103 0,103
Spot Name 0470-11-1 )470-11-2 0470-11-2 )470-11-2 0470-11-3 0470-10-1 0470-10-2 0470-10-3 0470-10-4 0470-2-1 0470-2-2 0470-2 1	4corr 208r /232 0,030 0,029 0,031 0,031 0,031 0,031 0,031 0,031 0,031 0,032 0,027 0,032	% err 2,4 2,3 1,3 1,0 1,4 5,7 1,8 1,9 1,7 2,1 1,6 1,5	Totai 238 /206 9,98 9,74 9,87 10,14 10,00 9,79 9,93 9,59 9,75 9,47 0,88	% err 0,5 0,5 0,6 0,6 0,6 0,5 0,5 0,5 0,5 0,5	Total 207 /206 0.062 0.063 0.063 0.063 0.063 0.063 0.063 0.061 0.061 0.061	% err 1,0 1,1 1,4 0,8 1,4 1,3 1,4 1,2 1,6 1,0 1,0 1,0	4corr 238/ 205r 9,98 10,00 9,74 9,86 10,15 10,02 9,80 9,96 9,59 9,59 9,74 9,47	% err 0,5 0,6 0,6 0,6 0,6 0,7 0,5 0,5 0,5 0,8 0,5	4corr 207r /206r 0,060 0,061 0,062 0,065 0,065 0,065 0,065 0,061 0,061 0,061	% err 1,6 1,9 1,4 0,9 2,9 2,7 2,1 1,8 2,2 1,0 1,5 4,5	4corr 207r 1235 0,83 0,84 0,89 0,87 0,84 0,84 0,84 0,84 0,84 0,89 0,83 0,87 0,83 0,87 0,87	% err 1,7 1,9 2,9 2,7 2,2 1,9 2,2 1,9 2,2 1,3 1,6	4corr 205r /238 0,100 0,100 0,103 0,101 0,099 0,100 0,100 0,100 0,100 0,104 0,103 0,106 0,106
Spot Name 0470-11-1 1470-11-2 0470-11-2 0470-11-2 0470-11-3 0470-10-3 0470-10-3 0470-10-3 0470-2-1 0470-2-2 0470-3-1 0470-3-1	4corr 208r /232 0,030 0,031 0,031 0,031 0,031 0,031 0,031 0,032 0,032 0,027 0,032 0,032	% err 2,4 2,3 1,3 1,0 1,4 5,7 1,8 1,7 2,1 1,6 1,5 2,1	Total 238 /206 9,96 9,97 9,87 10,14 10,00 9,79 9,59 9,59 9,75 9,47 9,88 0,00	% err 0,5 0,5 0,6 0,6 0,6 0,5 0,5 0,5 0,8 0,5 0,6	Total 207 /206 0.062 0.063 0.063 0.063 0.063 0.063 0.063 0.061 0.061 0.061	% err 1,0 1,1 1,4 0,8 1,4 1,3 1,4 1,2 1,6 1,0 1,0 1,0 0,0	4corr 238/ 205r 9,98 10,00 9,74 9,86 10,15 10,02 9,80 9,59 9,59 9,59 9,74 9,47 9,47 9,80	% er 0,5 0,6 0,6 0,6 0,6 0,7 0,5 0,5 0,8 0,5 0,6	4corr 207r /206r 0,060 0,061 0,062 0,062 0,063 0,063 0,061 0,061 0,061 0,061	% err 1,6 1,9 1,4 0,9 2,9 2,7 2,1 1,8 2,2 1,0 1,5 1,5 1,5	4corr 207r 1235 0,83 0,84 0,89 0,87 0,84 0,89 0,87 0,83 0,87 0,87 0,87 0,89 0,85	% err 1,7 1,9 2,9 2,7 2,2 1,3 1,6 1,6 1,1	4corr 205r /238 0,100 0,100 0,100 0,101 0,100 0,100 0,100 0,100 0,100 0,100 0,104 0,103 0,106 0,101
Spot Name 0470-11-1 1470-11-2 0470-11-2 0470-11-2 0470-11-3 0470-10-1 0470-10-2 0470-10-3 0470-10-4 0470-2-1 0470-2-2 0470-3-1 0470-3-1 0470-3-1	4corr 208r /232 0,030 0,031 0,031 0,031 0,031 0,031 0,031 0,032 0,032 0,032 0,032 0,032	% err 2,4 2,3 1,3 1,0 1,4 5,7 1,8 1,9 1,7 2,1 1,5 1,2	Totai 238 /206 9,96 9,74 9,87 10,14 10,00 9,79 9,93 9,75 9,47 9,88 9,90	% err 0,5 0,5 0,6 0,4 0,6 0,5 0,5 0,5 0,5 0,8 0,5 0,6 0,4	Total 207 /206 0.062 0.063 0.063 0.063 0.063 0.063 0.063 0.061 0.061 0.051 0.051	% err 1,0 1,1 1,4 0,8 1,4 1,3 1,4 1,2 1,6 1,0 1,0 1,2 0,9	4corr 238/ 205r 9,98 10,00 9,74 9,86 10,15 10,02 9,80 9,80 9,80 9,59 9,74 9,47 9,88 9,90	% err 0,5 0,6 0,6 0,6 0,7 0,5 0,8 0,5 0,8 0,5 0,6 0,7	4corr 207r /206r 0,060 0,061 0,062 0,062 0,063 0,063 0,063 0,061 0,061 0,061 0,061 0,061	% err 1,6 1,9 1,4 0,9 2,9 2,7 2,1 1,8 2,2 1,0 1,5 1,5 1,0	4corr 207r /235 0,83 0,89 0,87 0,84 0,89 0,87 0,84 0,84 0,89 0,83 0,87 0,83 0,87 0,87 0,87 0,89 0,85 0,85 0,85	% err 1,7 1,9 2,9 2,7 2,2 1,9 2,2 1,3 1,6 1,6 1,1	4corr 205r /238 0,100 0,103 0,101 0,099 0,100 0,100 0,100 0,100 0,104 0,103 0,106 0,101 0,101 0,101
Spot Name 0470-11-1 1470-11-1.2 0470-11-2 1470-11-2 0470-11-3 0470-10-1 0470-10-3 0470-10-3 0470-10-4 0470-2-1 0470-2-2 0470-3-1 0470-3-1.2 0470-8-2	4corr 208r /232 0,030 0,031 0,031 0,031 0,031 0,031 0,030 0,032 0,027 0,032 0,031 0,031 0,031 0,031	% err 2,4 2,3 1,0 1,4 5,7 1,8 1,9 1,7 2,1 1,5 1,5 1,2 2,3 0	Totai 238 /206 9,96 9,88 9,74 9,87 10,14 10,00 9,79 9,93 9,59 9,47 9,88 9,90 9,78 9,76	% err 0,5 0,5 0,6 0,6 0,6 0,5 0,5 0,5 0,5 0,5 0,5 0,6 0,4 0,6	Total 207 /206 0.062 0.063 0.063 0.063 0.063 0.063 0.061 0.061 0.061 0.061 0.061	% err 1,0 1,1 1,4 0,8 1,4 1,3 1,4 1,2 1,6 1,0 1,0 1,0 1,2 0,9 1,4	4corr 238/ 205r 9,98 10,00 9,74 9,86 10,15 10,02 9,80 9,96 9,96 9,95 9,74 9,47 9,88 9,90 9,82	% err 0,5 0,5 0,6 0,6 0,6 0,7 0,5 0,5 0,5 0,5 0,5 0,5 0,5	4corr 207r /206r 0,060 0,061 0,062 0,062 0,065 0,065 0,065 0,065 0,061 0,061 0,061 0,061 0,061 0,061	% err 1.6 1.9 1.4 0.9 2.9 2.7 2.1 1.8 2.2 1.0 1.5 1.5 1.0 3.1	4corr 207r 1235 0,83 0,84 0,89 0,87 0,84 0,89 0,87 0,84 0,89 0,83 0,87 0,83 0,87 0,87 0,89 0,85 0,85 0,85 0,82	% err 1,7 1,9 1,5 0,9 2,9 2,9 2,2 1,9 2,2 1,9 2,2 1,9 2,2 1,6 1,6 1,1 3,1	4corr 206r /238 0,100 0,103 0,101 0,099 0,100 0,100 0,100 0,100 0,104 0,103 0,106 0,101 0,101 0,101 0,102
Spot Name 0470-11-1 1470-11-2 0470-11-2 0470-11-2 0470-10-1 0470-10-2 0470-10-3 0470-10-4 0470-2-1 0470-2-2 0470-3-1 0470-3-12 0470-8-3 0470-8-3	4corr 208r /232 0,030 0,029 0,031 0,031 0,031 0,031 0,031 0,032 0,027 0,032 0,027 0,032 0,031 0,031 0,031 0,031 0,031	% err 2,4 2,3 1,0 1,4 5,7 1,8 1,7 2,1 1,6 1,5 1,2 2,3 12,9	Totai 238 /206 9,96 9,98 9,74 9,87 10,14 10,00 9,79 9,93 9,59 9,75 9,47 9,88 9,90 9,76 10,56	% err 0,5 0,5 0,6 0,6 0,6 0,6 0,5 0,5 0,5 0,5 0,6 0,5 0,6 0,4 0,6 1,3	Total 207 /206 0.062 0.063 0.063 0.063 0.063 0.063 0.061 0.061 0.061 0.061 0.061 0.063	% err 1,0 1,1 1,4 0,8 1,4 1,3 1,4 1,2 1,6 1,0 1,2 0,9 1,4 1,7	4corr 238/ 205r 9,98 10,00 9,74 9,86 10,15 10,02 9,80 9,96 9,59 9,59 9,74 9,59 9,74 9,88 9,90 9,82 10,50	% err 0,5 0,5 0,6 0,6 0,6 0,7 0,5 0,8 0,5 0,5 0,5 0,5 0,5 0,4 0,7 1,3	4corr 207r /206r 0,060 0,061 0,062 0,065 0,065 0,065 0,065 0,061 0,061 0,061 0,061 0,061 0,061 0,061	% err 1,6 1,9 1,4 0,9 2,9 2,7 2,1 1,8 2,2 1,0 1,5 1,5 1,5 1,5 1,0 3,1 3,1	4corr 207r 1235 0,83 0,84 0,89 0,87 0,84 0,84 0,89 0,87 0,84 0,84 0,84 0,89 0,83 0,87 0,87 0,87 0,85 0,85 0,85 0,82 0,89	% err 1,7 1,9 1,5 2,9 2,7 2,2 1,3 1,6 1,6 1,1 3,3	4corr 205r /238 0,100 0,100 0,100 0,100 0,100 0,100 0,100 0,100 0,104 0,103 0,106 0,101 0,101 0,101 0,101 0,102 0,095
Spot Name 0470-11-1 1470-11-2 0470-11-2 0470-11-2 0470-10-1 0470-10-2 0470-10-3 0470-10-3 0470-10-3 0470-2-1 0470-2-2 0470-3-1 0470-3-1 0470-8-3 0470-8-3 0470-8-3	4corr 208r /232 0,030 0,029 0,031 0,031 0,031 0,031 0,031 0,032 0,032 0,032 0,031 0,031 0,031 0,031 0,031 0,031 0,031	еп 2,4 2,3 1,0 1,4 5,7 1,6 1,7 2,1 1,5 1,2 2,3 1,6 1,5 2,3 1,6 1,5 2,3 1,6	Totai 238 /206 9,96 9,98 9,74 9,87 10,14 10,00 9,79 9,93 9,59 9,75 9,47 9,88 9,90 9,78 10,56 9,83	% err 0,5 0,6 0,6 0,6 0,6 0,5 0,5 0,5 0,8 0,5 0,5 0,6 0,4 0,6 1,3 0,8	Total 207 /206 0.062 0.063 0.063 0.063 0.063 0.063 0.063 0.061 0.061 0.061 0.061 0.061 0.061 0.063 0.063	% err 1,0 1,1 1,4 0,8 1,4 1,3 1,4 1,2 1,6 1,0 1,2 0,9 1,4 1,7 1,1	4corr 238/ 205r 9,98 10,00 9,74 9,86 10,15 10,02 9,80 9,96 9,59 9,54 9,59 9,74 9,88 9,90 9,82 10,50 9,85	% err 0,5 0,5 0,6 0,6 0,6 0,7 0,5 0,8 0,5 0,5 0,5 0,5 0,4 0,7 1,3 0,8	4corr 207r /206r 0,060 0,061 0,062 0,062 0,065 0,065 0,065 0,061 0,061 0,061 0,061 0,061 0,061 0,061 0,061 0,065 0,065 0,065	% err 1,6 1,9 1,4 0,9 2,9 2,7 2,1 1,8 2,2 1,0 1,5 1,5 1,5 1,5 1,5 1,5 1,5	4corr 207r 1235 0,83 0,84 0,87 0,84 0,89 0,87 0,84 0,84 0,89 0,83 0,87 0,87 0,87 0,87 0,85 0,85 0,85 0,85 0,82 0,82 0,82	% err 1,7 1,9 1,5 2,9 2,7 2,2 1,3 1,6 1,6 1,1 3,1 3,3 1,9	4corr 205r /238 0,100 0,100 0,100 0,101 0,099 0,100 0,100 0,100 0,100 0,104 0,103 0,106 0,101 0,101 0,101 0,102 0,095 0,102
Spot Name 0470-11-1 1470-11-2 0470-11-2 0470-11-2 0470-11-3 0470-10-1 0470-10-3 0470-10-3 0470-10-3 0470-2-1 0470-2-2 0470-3-1 0470-3-1.2 0470-8-3 0470	4corr 208r /232 0,030 0,029 0,031 0,031 0,031 0,032 0,032 0,032 0,032 0,031 0,031 0,031 0,031 0,031 0,031 0,031	% err 2,4 2,3 1,3 1,0 1,4 5,7 1,8 1,7 2,1 1,6 5,7 1,5 1,2 2,3 1,6 5,6 1,6	Totai 238 /206 9,96 9,97 9,87 10,14 10,00 9,79 9,59 9,75 9,47 9,88 9,90 9,76 10,56 9,83 9,76	% err 0,5 0,6 0,4 0,6 0,6 0,5 0,5 0,5 0,5 0,5 0,5 0,5 0,5 0,4 0,6 1,3 0,8 0,4	Total 207 /206 0.062 0.063 0.063 0.063 0.063 0.063 0.061 0.061 0.061 0.061 0.061 0.061 0.061 0.061 0.063 0.060 0.060	% err 1,0 1,1 1,4 0,8 1,4 1,3 1,4 1,2 1,6 1,0 1,0 1,2 0,9 1,4 1,7 1,1 0,9	4corr 238/ 205r 9,98 10,00 9,74 9,86 10,15 10,02 9,80 9,59 9,59 9,59 9,74 9,87 9,87 9,88 9,90 9,82 10,50 9,85 9,85 9,74	% err 0,5 0,6 0,6 0,6 0,7 0,5 0,6 0,5 0,5 0,5 0,5 0,5 0,6 0,7 1,3 0,8 0,7	4corr 207r /206r 0,060 0,061 0,062 0,062 0,065 0,065 0,065 0,061 0,061 0,061 0,061 0,061 0,061 0,061 0,061 0,065 0,065 0,065 0,065 0,065	% err 1,6 1,9 1,4 0,9 2,7 2,1 1,8 2,2 1,0 1,5 1,5 1,0 3,1 3,1 1,8 1,3	4corr 207r /235 0,83 0,84 0,89 0,87 0,84 0,84 0,84 0,84 0,83 0,87 0,83 0,87 0,87 0,87 0,85 0,85 0,85 0,85 0,82 0,89 0,82 0,89	% err 1,7 1,9 2,9 2,7 2,2 1,3 1,6 1,1 3,3 1,9 1,4	4corr 205r /238 0,100 0,100 0,103 0,101 0,099 0,100 0,100 0,100 0,100 0,100 0,104 0,103 0,106 0,101 0,101 0,101 0,102 0,095 0,102 0,102 0,102
Spot Name 0470-11-1 )470-11-2 )470-11-2 )470-11-2 )470-11-2 0470-11-3 0470-10-3 0470-10-3 0470-10-3 0470-10-4 0470-2-1 0470-2-2 0470-3-1 0470-3-1 0470-3-1 0470-8-3 0470-8-3 0470-8-3 0470-8-3	4corr 208r /232 0,030 0,031 0,031 0,031 0,031 0,031 0,032 0,032 0,032 0,031 0,031 0,031 0,031 0,031 0,031 0,031 0,031 0,031 0,031 0,031	% err 2,4 2,3 1,3 1,0 1,4 5,7 1,8 1,7 2,1 1,5 1,5 1,5 2,3 12,6 1,5 1,5 1,1	Total 238 /206 9,96 9,74 9,87 10,14 10,00 9,79 9,59 9,75 9,47 9,88 9,90 9,75 9,47 9,88 9,90 9,76 9,83 9,76 9,83	% err 0,5 0,5 0,6 0,6 0,6 0,6 0,5 0,5 0,5 0,8 0,5 0,6 1,3 0,8 0,4 0,5	Total 207 /206 0.062 0.063 0.063 0.063 0.063 0.063 0.061 0.061 0.061 0.061 0.061 0.061 0.061 0.061 0.061 0.061 0.063 0.060 0.062 0.063	% err 1,0 1,1 1,4 0,8 1,4 1,3 1,4 1,2 1,6 1,0 1,0 1,2 0,9 1,4 1,7 1,1 0,9 1,1	4corr 238/ 205r 9,98 10,00 9,74 9,86 10,15 10,02 9,80 9,80 9,59 9,59 9,74 9,88 9,90 9,85 9,90 9,85 9,74 9,85 9,74 9,51	% er 0,5 0,6 0,6 0,6 0,7 0.5 0,8 0,5 0,8 0,5 0,5 0,5 0,5 0,5 0,5 0,5 0,5 0,5 0,5	4corr 207r /206r 0,060 0,061 0,062 0,062 0,063 0,063 0,061 0,061 0,061 0,061 0,061 0,061 0,061 0,065 0,059 0,068 0,059 0,068 0,065	% err 1,6 1,9 1,4 0,9 2,9 2,7 2,1 1,8 2,2 1,0 1,5 1,5 1,5 1,5 1,0 3,1 3,1 1,8 1,3 1,2	4corr 207r 1235 0,83 0,84 0,89 0,87 0,84 0,89 0,87 0,84 0,89 0,83 0,87 0,87 0,87 0,87 0,85 0,85 0,85 0,85 0,82 0,89 0,82 0,89 0,82	% err 1,7 1,9 2,9 2,7 2,2 1,3 1,6 1,6 1,1 3,3 1,9 1,4 1,3	4corr 205r /238 0,100 0,100 0,103 0,101 0,099 0,100 0,100 0,100 0,100 0,100 0,100 0,104 0,103 0,106 0,101 0,101 0,102 0,095 0,102 0,102 0,103 0,105
Spot Name 0470-11-1 1470-11-2 0470-11-2 0470-11-2 0470-11-3 0470-10-1 0470-10-2 0470-10-3 0470-10-3 0470-10-4 0470-2-1 0470-2-2 0470-3-1 0470-3-1 0470-8-3 0470-8-3 0470-8-3 0470-6-3 0470-6-3 0470-7-1	4corr 208r /232 0,030 0,031 0,031 0,031 0,031 0,031 0,031 0,032 0,032 0,032 0,031 0,031 0,031 0,031 0,031 0,031 0,031 0,031 0,031 0,031 0,031 0,032 0,031	% err 2,4 2,3 1,0 1,4 5,7 1,9 1,7 1,5 1,2 3,9 6,6 1,1 4,3	Totai 238 /206 9,96 9,74 9,87 10,14 10,00 9,79 9,93 9,75 9,47 9,88 9,90 9,75 9,47 9,88 9,90 9,76 9,52 9,52 9,52	% err 0,5 0,5 0,6 0,6 0,6 0,5 0,5 0,5 0,5 0,5 0,6 0,4 0,6 1,3 0,8 0,4 0,5 0,5 0,5	Total 207 /206 0.062 0.063 0.063 0.063 0.063 0.063 0.061 0.061 0.061 0.061 0.061 0.061 0.061 0.061 0.061 0.061 0.061 0.061 0.062 0.063 0.060	% err 1,0 1,1 1,4 0,8 1,4 1,3 1,4 1,2 1,6 1,0 1,0 1,2 0,9 1,4 1,7 1,1 0,9 1,1 2,5	4corr 238/ 205r 9,98 10,00 9,74 9,86 10,15 10,02 9,80 9,85 9,74 9,85 9,74 9,82 10,50 9,85 9,74 9,85 9,74 9,51 9,54	% err 0,5 0,6 0,6 0,6 0,7 0.5 0,8 0,5 0,8 0,5 0,6 0,7 1,3 0,8 0,4 0,5 0,5	4corr 207r /206r 0,060 0,061 0,062 0,062 0,061 0,063 0,061 0,061 0,061 0,061 0,061 0,061 0,061 0,063 0,063 0,063 0,061 0,065 0,063 0,065 0,055 0	% err 1,6 1,9 1,4 0,9 2,9 2,7 2,1 1,8 2,2 1,0 1,5 1,0 3,1 1,5 1,0 3,1 1,8 1,3 1,2 3,1	4corr 207r /235 0,83 0,89 0,87 0,84 0,89 0,87 0,84 0,89 0,83 0,87 0,83 0,87 0,89 0,83 0,87 0,89 0,85 0,85 0,85 0,85 0,82 0,89 0,82 0,89 0,82	% err 1,7 1,9 2,9 2,7 2,2 1,3 1,6 1,6 1,1 3,1 3,1 3,1 1,4 1,3 1,4 1,3	4corr 205r /238 0,100 0,103 0,101 0,099 0,100 0,100 0,100 0,100 0,100 0,104 0,100 0,104 0,101 0,101 0,101 0,102 0,095 0,102 0,103 0,105 0,105
Spot Name 0470-11-1 1470-11-2 0470-11-2 0470-11-2 0470-11-3 0470-10-1 0470-10-3 0470-10-3 0470-10-3 0470-2-2 0470-3-1 0470-3-1 0470-8-3 0470-8-3 0470-8-3 0470-6-3 0470-6-3 0470-7-1 0470-7-2	4corr 208r /232 0,030 0,031 0,031 0,031 0,031 0,031 0,031 0,032 0,032 0,032 0,031 0,031 0,031 0,031 0,031 0,031 0,031 0,031 0,031 0,031 0,031 0,031 0,032 0,032	% err 2,4 2,3 1,0 1,4 5,7 1,8 1,7 1,5 1,5 1,2 3,9 6 5,6 5,1 4,3 1,6	Totai 238 /206 9,96 9,97 9,87 10,14 10,00 9,79 9,93 9,75 9,47 9,88 9,90 9,75 9,47 9,88 9,90 9,76 9,83 9,76 9,52 9,52 9,52 9,85	% err 0,5 0,5 0,6 0,6 0,6 0,5 0,5 0,5 0,5 0,5 0,6 0,4 0,6 1,3 0,8 0,4 0,6 0,5 0,5 0,8	Total 207 /206 0.062 0.063 0.063 0.063 0.063 0.061 0.061 0.061 0.061 0.061 0.061 0.061 0.061 0.061 0.063 0.060 0.063 0.060 0.063 0.060 0.065 0.065 0.061	% err 1,0 1,1 1,4 0,8 1,4 1,3 1,4 1,2 1,6 1,0 1,0 1,2 0,9 1,4 1,7 1,1 0,9 1,1 2,5 1,6	4corr 238/ 205r 9,98 10,00 9,74 9,86 10,15 10,02 9,80 9,96 9,96 9,959 9,74 9,87 9,88 9,90 9,82 10,50 9,85 9,74 9,51 9,54 9,85	% err 0,5 0,5 0,6 0,6 0,7 0,5 0,6 0,7 0,5 0,5 0,5 0,5 0,5 0,5 0,5 0,5 0,5 0,5	4corr 207r /206r 0,060 0,061 0,062 0,062 0,061 0,063 0,061 0,061 0,061 0,061 0,061 0,061 0,061 0,061 0,061 0,061 0,065 0,060 0,065 0,0000000000	% err 1.6 1.9 1.4 0.9 2.9 2.7 2.1 1.8 2.2 1.0 1.5 1.5 1.0 3.1 3.1 1.8 1.2 3.1 1.6	4corr 207r 1/235 0,83 0,84 0,89 0,87 0,84 0,89 0,87 0,84 0,89 0,83 0,87 0,83 0,87 0,83 0,85 0,85 0,85 0,85 0,85 0,82 0,89 0,82 0,89 0,82 0,89	% err 1,7 1,9 1,5 0,9 2,9 2,7 2,2 1,9 2,2 1,9 2,2 1,6 1,6 1,1 3,1 3,1 3,1 1,4 1,3 1,8	4corr 206r /238 0,100 0,103 0,101 0,099 0,100 0,102 0,100 0,100 0,104 0,103 0,106 0,101 0,101 0,101 0,102 0,095 0,102 0,103 0,105 0,102
Spot Name 0470-11-1 1470-11-1.2 0470-11-2 1470-11-2 0470-11-3 0470-10-1 0470-10-2 0470-10-3 0470-10-4 0470-2-2 0470-3-1 0470-3-1 0470-8-2 0470-8-3 0470-8-3 0470-8-3 0470-8-3 0470-6-3 0470-6-3 0470-7-1 0470-7-2 0470-7-3	4corr 208r /232 0,030 0,029 0,031 0,031 0,031 0,031 0,031 0,031 0,032 0,027 0,032 0,031 0,031 0,031 0,031 0,031 0,031 0,031 0,031 0,031 0,032 0,033 0,032 0,031	% err 2,4 2,3 1,0 1,4 5,7 1,8 1,7 2,1 1,5 1,2 3,9 6,5 1,5 1,5 1,5 1,6 5,1 4,3 1,6 2,0	Totai 238 /206 9,96 9,97 9,87 10,14 10,00 9,79 9,93 9,59 9,47 9,88 9,90 9,75 9,47 9,88 9,90 9,76 10,56 9,83 9,76 9,52 9,52 9,52 9,52 9,52 9,52 9,52 9,52	% err 0,5 0,5 0,6 0,6 0,5 0,5 0,5 0,5 0,5 0,8 0,5 0,6 1,3 0,8 0,4 0,6 1,3 0,8 0,4 0,5 0,5 0,5 0,5 0,7	Total 207 /206 0.062 0.063 0.063 0.063 0.063 0.063 0.061 0.061 0.061 0.061 0.061 0.061 0.063 0.060 0.062 0.061 0.063	% err 1,0 1,1 1,4 0,8 1,4 1,3 1,4 1,2 1,6 1,0 1,2 0,9 1,4 1,7 1,1 0,9 1,1 2,5 1,6 1,3	4corr 238/ 205r 9,98 10,00 9,74 9,86 10,15 10,02 9,80 9,96 9,96 9,96 9,59 9,74 9,88 9,90 9,82 10,50 9,85 9,74 9,51 9,54 9,51 9,54 9,55	% err 0,5 0,5 0,6 0,6 0,7 0,5 0,6 0,7 0,5 0,5 0,5 0,6 0,7 1,3 0,8 0,5 0,5 0,5 0,5 0,5 0,5 0,5 0,5 0,5 0,5	4corr 207r /206r 0,060 0,061 0,062 0,062 0,065 0,065 0,065 0,061 0,061 0,061 0,061 0,061 0,061 0,061 0,061 0,065 0,068 0,068 0,068 0,068 0,065 0,065 0,065 0,065 0,065 0,065 0,065 0,061 0,061 0,061 0,061 0,061 0,061 0,061 0,065 0,060 0,065 0	% err 1,6 1,9 1,4 0,9 2,9 2,7 2,1 1,8 2,2 1,0 1,5 1,5 1,0 3,1 3,1 1,8 1,3 1,2 3,1 1,6 2,6	4corr 207r 1235 0,83 0,84 0,89 0,87 0,84 0,89 0,87 0,84 0,89 0,83 0,87 0,83 0,87 0,83 0,87 0,85 0,85 0,85 0,82 0,89 0,82 0,89 0,82 0,89 0,82 0,89	% err 1,7 1,9 2,9 2,7 2,2 1,9 2,2 1,6 1,6 1,1 3,3 1,9 1,4 1,3 3,1 1,8 2,7	4corr 205r /238 0,100 0,103 0,101 0,099 0,100 0,102 0,100 0,104 0,103 0,106 0,101 0,101 0,101 0,102 0,102 0,102 0,103 0,105 0,102 0,103
Spot Name 0470-11-1 1470-11-2 0470-11-2 0470-11-2 0470-11-3 0470-10-1 0470-10-3 0470-10-3 0470-10-4 0470-2-1 0470-2-2 0470-3-1 0470-3-1.2 0470-8-3 0470-8-3 0470-8-3 0470-8-3 0470-8-3 0470-7-1 0470-7-3 0470-7-3.2	4corr 208r /232 0,030 0,029 0,031 0,031 0,031 0,031 0,032 0,027 0,032 0,031 0,031 0,031 0,031 0,031 0,031 0,031 0,032 0,031 0,032 0,031 0,032	% err 2,4 2,3 1,0 1,4 5,7 1,8 1,7 1,5 1,3 1,5 2,9 6,6 1,3 1,2 1,5 2,9 1,6 5,1 3,1 2,0 1,7	Totai 238 /206 9,96 9,97 9,97 10,14 10,00 9,79 9,93 9,59 9,75 9,47 9,88 9,90 9,78 10,56 9,83 9,76 10,56 9,83 9,76 9,52 9,52 9,52 9,52 9,52 9,52 9,52 9,52	% err 0,5 0,6 0,6 0,6 0,6 0,5 0,5 0,5 0,5 0,5 0,5 0,4 0,6 1,3 0,8 0,4 0,6 1,3 0,6 0,5 0,6 0,4 0,6 0,6 0,7 0,6	Total 207 /206 0.062 0.063 0.063 0.063 0.063 0.063 0.063 0.061 0.061 0.061 0.061 0.061 0.063 0.060 0.062 0.061 0.063 0.060 0.061 0.065 0.061	% err 1,0 1,1 1,4 0,8 1,4 1,3 1,4 1,2 1,6 1,0 1,0 1,2 0,9 1,4 1,7 1,1 0,9 1,1 1,2,5 1,6 1,3 2,6	4corr 238/ 205r 9,98 10,00 9,74 9,86 10,15 10,02 9,86 9,59 9,59 9,59 9,59 9,59 9,74 9,87 9,87 9,88 9,90 9,82 10,50 9,85 9,74 9,51 9,54 9,55 10,01	% err 0,5 0,6 0,6 0,7 0,5 0,8 0,5 0,5 0,5 0,5 0,5 0,5 0,5 0,5 0,5 0,5	4corr 207r /206r 0,060 0,061 0,062 0,062 0,065 0,065 0,065 0,061 0,061 0,061 0,061 0,061 0,061 0,061 0,061 0,061 0,061 0,065 0,060 0,065 0,0000000000	% err 1,6 1,9 2,9 2,7 2,1 1,8 2,2 1,0 1,5 1,0 3,1 1,8 1,3 1,2 3,1 1,6 2,9	4corr 207r /235 0,83 0,84 0,89 0,87 0,84 0,89 0,83 0,87 0,89 0,83 0,87 0,89 0,85 0,85 0,85 0,82 0,89 0,82 0,89 0,82 0,89 0,82 0,86 0,85 0,85 0,85	% err 1,7 1,9 2,9 2,7 2,2 1,9 2,2 1,6 1,6 1,1 3,3 1,9 1,4 3,1 5,7 2,9	4corr 205r /238 0,100 0,100 0,103 0,101 0,099 0,100 0,100 0,100 0,100 0,104 0,103 0,106 0,101 0,101 0,102 0,103 0,105 0,105 0,102 0,103 0,100
Spot Name 0470-11-1 1470-11-2 0470-11-2 0470-11-2 0470-11-3 0470-10-3 0470-10-3 0470-10-3 0470-10-4 0470-2-1 0470-2-2 0470-3-1 0470-3-1 0470-3-1 0470-8-3 0470-8-3 0470-8-3 0470-8-3 0470-6-3 0470-7-3 0470-7-3 0470-7-3 0470-7-3 0470-14-1	4corr 208r /232 0,030 0,029 0,031 0,031 0,031 0,031 0,032 0,032 0,032 0,031 0,031 0,031 0,031 0,031 0,031 0,031 0,032 0,033 0,032 0,031 0,032 0,031	% err 2,4 2,3 1,3 1,0 1,4 5,7 1,8 1,7 2,1 1,5 1,2 3,9 5,6 1,1 1,6 1,5 1,2 3,9 1,6 5,1,3 1,6 5,7 1,6 1,7 1,7 1,7 1,6 5,7 1,7 1,7 1,7 1,7 1,7 1,7 1,7 1,7 1,7 1	Total 238 /206 9,96 9,97 9,87 10,14 10,00 9,79 9,59 9,75 9,47 9,88 9,90 9,75 9,47 9,88 10,56 9,83 9,76 9,52 9,52 9,52 9,52 9,52 9,52 9,52 9,52	% err 0,5 0,5 0,6 0,6 0,6 0,5 0,5 0,5 0,5 0,5 0,8 0,5 0,6 0,4 0,6 1,3 0,8 0,4 0,5 0,5 0,6 0,4 0,5 0,5 0,5 0,5 0,5 0,5 0,6 0,6 0,6 0,6 0,6 0,6 0,6 0,6 0,6 0,6	Total 207 /206 0.062 0.063 0.063 0.063 0.063 0.063 0.061 0.061 0.061 0.061 0.061 0.061 0.061 0.061 0.062 0.061 0.062 0.061 0.062 0.061 0.062	% err 1,0 1,1 1,4 0,8 1,4 1,3 1,4 1,2 1,6 1,0 1,0 1,2 0,9 1,4 1,7 1,1 0,9 1,1 2,5 1,6 1,3 2,6 1,2	4corr 238/ 205r 9,98 10,00 9,74 9,86 10,15 10,02 9,80 9,59 9,59 9,59 9,59 9,59 9,74 9,88 9,90 9,85 9,50 9,85 9,50 9,55 9,74 9,51 9,54 9,55	% err 0,5 0,6 0,6 0,6 0,7 0,5 0,8 0,5 0,8 0,5 0,4 0,5 0,8 0,5 0,4 0,7 1,3 0,8 0,7 0,5 0,8 0,7 0,5 0,6	4corr 207r /206r 0,060 0,061 0,062 0,062 0,063 0,061 0,061 0,061 0,061 0,061 0,061 0,061 0,061 0,061 0,061 0,063 0,063 0,065 0,065 0,065 0,065	% err 1.6 1.9 2.9 2.7 2.1 1.8 2.2 1.0 1.5 1.5 1.0 3.1 3.1 1.8 1.3 1.2 3.1 1.6 2.6 2.9 2.4	4corr 207r 1235 0,83 0,89 0,87 0,84 0,89 0,87 0,84 0,89 0,87 0,87 0,87 0,87 0,87 0,85 0,85 0,85 0,85 0,82 0,89 0,82 0,89 0,82 0,89 0,82 0,83 0,82 0,83 0,83 0,82 0,83 0,82 0,83 0,82 0,83 0,82 0,83 0,82 0,83 0,83 0,83 0,84 0,89 0,87 0,83 0,84 0,89 0,87 0,83 0,84 0,89 0,87 0,84 0,89 0,87 0,84 0,89 0,87 0,83 0,84 0,89 0,87 0,84 0,89 0,87 0,83 0,84 0,89 0,87 0,83 0,84 0,89 0,87 0,83 0,87 0,85 0,85 0,85 0,82 0,87 0,82 0,82 0,82 0,82 0,87 0,82 0,87 0,82 0,82 0,82 0,82 0,82 0,82 0,82 0,82	% err 1,7 1,9 2,9 2,7 2,2 1,3 1,6 1,1 3,3 1,9 1,4 3,1 1,8 2,7 2,9 2,5	4corr 205r /238 0,100 0,100 0,103 0,101 0,099 0,100 0,100 0,100 0,100 0,100 0,100 0,101 0,101 0,102 0,103 0,100 0,102 0,103 0,105 0,105 0,100 0,100 0,101
Spot Name 0470-11-1 1470-11-2 0470-11-2 0470-11-2 0470-11-3 0470-10-1 0470-10-3 0470-10-3 0470-10-3 0470-10-3 0470-2-1 0470-2-2 0470-3-1 0470-3-1 0470-8-3 0470-8-3 0470-8-3 0470-8-3 0470-6-3 0470-6-3 0470-7-3 0470-7-3 0470-7-3 0470-7-3	4corr 208r /232 0,030 0,031 0,031 0,031 0,031 0,031 0,032 0,032 0,032 0,031 0,031 0,031 0,031 0,031 0,033 0,032 0,031 0,032 0,031 0,032 0,031 0,032 0,031 0,032 0,031	% err 2,4 2,3 1,0 1,5,7 1,8 1,7 1,5 1,5 2,3 9,6 5,5 1,1 4,3 1,6 2,7 7,1 1,5	Total 238 /206 9,96 9,74 9,87 10,14 10,00 9,79 9,59 9,75 9,47 9,88 9,90 9,75 9,47 9,88 9,90 9,75 9,47 9,88 9,90 9,76 9,83 9,76 9,52 9,52 9,52 9,52 9,52 9,52 9,52 9,52	% err 0,5 0,5 0,6 0,6 0,6 0,5 0,5 0,5 0,5 0,5 0,5 0,6 0,4 0,5 0,5 0,5 0,5 0,5 0,5 0,5 0,5 0,5 0,5	Total 207 /206 0.062 0.063 0.063 0.063 0.063 0.063 0.061 0.061 0.061 0.061 0.061 0.061 0.062 0.062 0.063 0.058 0.062 0.061 0.062 0.061 0.062 0.061	% err 1,0 1,1 1,4 0,8 1,4 1,2 1,6 1,0 1,0 1,2 0,9 1,4 1,7 1,1 0,9 1,1 2,5 1,6 1,3 2,6 1,2 1,2	4corr 238/ 205r 9,98 10,00 9,74 9,86 10,15 10,02 9,80 9,59 9,74 9,85 9,59 9,74 9,87 9,88 9,90 9,85 9,74 9,85 9,74 9,85 9,74 9,85 9,74 9,85 9,51 9,54 9,55 9,55 9,55 9,55 9,55 9,55 9,55	% err 0,5 0,6 0,6 0,7 0,5 0,8 0,5 0,5 0,8 0,5 0,5 0,8 0,5 0,5 0,4 0,7 1,3 0,8 0,7 0,5 0,8 0,7 0,6 0,7 0,6 0,6 0,6 0,6 0,6 0,7 0,5 0,6 0,6 0,6 0,6 0,6 0,6 0,6 0,6 0,7 0,5 0,6 0,6 0,6 0,6 0,7 0,5 0,6 0,6 0,7 0,5 0,6 0,6 0,7 0,5 0,6 0,7 0,7 0,6 0,7 0,7 0,7 0,7 0,7 0,7 0,7 0,7 0,7 0,7	4corr 207r /206r 0,060 0,061 0,062 0,062 0,063 0,061 0,061 0,061 0,061 0,061 0,061 0,061 0,061 0,061 0,065 0,055 0,065 0,055 0,065 0,055 0	% err 1,6 1,9 1,4 0,9 2,9 2,7 2,1 1,8 2,2 1,0 1,5 1,5 1,0 3,1 1,5 1,5 1,0 3,1 1,5 1,5 1,6 2,6 2,9 2,4 1,6	4corr 207r 1235 0,83 0,89 0,87 0,84 0,89 0,87 0,84 0,89 0,87 0,89 0,83 0,87 0,87 0,89 0,85 0,85 0,85 0,82 0,89 0,82 0,89 0,82 0,89 0,82 0,89 0,82 0,83 0,83 0,84 0,84 0,89 0,87 0,83 0,87 0,83 0,85 0,82 0,83 0,82 0,83 0,83 0,83 0,84 0,89 0,87 0,83 0,84 0,89 0,87 0,83 0,84 0,89 0,87 0,84 0,89 0,87 0,83 0,84 0,89 0,87 0,83 0,84 0,89 0,87 0,83 0,87 0,85 0,85 0,85 0,85 0,85 0,82 0,82 0,82 0,82 0,85 0,82 0,82 0,82 0,83 0,87 0,82 0,82 0,82 0,82 0,83 0,87 0,82 0,83 0,87 0,82 0,82 0,83 0,87 0,82 0,82 0,83 0,82 0,83 0,87 0,82 0,83 0,83 0,83 0,83 0,83 0,83 0,83 0,83	% err 1,7 1,9 2,9 2,7 2,2 1,3 1,6 1,1 3,1 3,1 1,4 1,3 1,8 7 2,5 1,7	4corr 205r /238 0,100 0,103 0,101 0,099 0,100 0,100 0,100 0,100 0,104 0,103 0,104 0,104 0,103 0,106 0,101 0,101 0,102 0,102 0,102 0,102 0,102 0,103 0,105 0,102 0,102 0,102 0,102 0,102 0,102 0,100 0,101 0,100000000
Spot Name 0470-11-1 1470-11-2 0470-11-2 0470-11-2 0470-11-2 0470-10-1 0470-10-2 0470-10-3 0470-10-3 0470-10-3 0470-2-1 0470-2-2 0470-3-1 0470-3-1 0470-8-3 0470-8-3 0470-8-3 0470-8-3 0470-6-3 0470-7-3 0470-7-3 0470-7-3 0470-7-3 0470-7-1 0470-17-1 0470-17-1 0470-17-1	4corr 208r /232 0,030 0,031 0,031 0,031 0,031 0,031 0,031 0,031 0,032 0,032 0,032 0,031 0,031 0,031 0,031 0,031 0,031 0,031 0,031 0,032 0,031 0,032 0,031 0,032 0,031 0,032 0,033 0,032 0,031	% err 2,4 2,3 1,0 1,4 5,7 8,9 1,2 1,6 5,2 3,9 6,6 1,1 3,6 0,7 1,6 1,2 1,2 1,6 5,2 3,9 6,6 5,1 3,6 0,7 1,6 5,7 1,7 1,6 5,7 1,6 5,7 1,6 5,7 1,6 5,7 1,6 5,7 1,6 5,7 1,6 5,7 1,6 5,7 1,6 5,7 1,7 1,6 5,7 1,6 5,7 1,6 5,7 1,6 5,7 1,7 1,6 5,7 1,7 1,6 5,7 1,6 5,7 1,7 1,6 5,7 1,6 5,7 1,6 5,7 1,6 5,7 1,6 5,7 1,6 5,7 1,6 5,7 1,6 5,7 1,6 5,7 1,7 1,6 5,7 1,6 5,7 1,7 1,6 5,7 1,7 1,6 5,7 1,7 1,6 5,7 1,7 1,6 5,7 1,7 1,6 5,7 1,7 1,6 5,7 1,7 1,6 5,7 1,7 1,6 5,7 1,7 1,6 5,7 1,7 1,6 5,7 1,7 1,6 5,7 1,7 1,6 5,7 1,7 1,6 5,7 1,7 1,6 5,7 1,7 1,6 5,7 1,7 1,7 1,6 5,7 1,7 1,7 1,6 5,7 1,7 1,7 1,7 1,6 5,7 1,7 1,7 1,7 1,7 1,7 1,7 1,7 1,7 1,7 1	Totai 238 /206 9,96 9,74 9,87 10,14 10,00 9,79 9,93 9,75 9,47 9,88 9,90 9,75 9,47 9,88 9,90 9,75 9,47 9,88 9,90 9,76 9,52 9,52 9,52 9,52 9,52 9,52 9,52 9,52	% err 0,5 0,5 0,6 0,6 0,6 0,5 0,5 0,5 0,5 0,5 0,6 0,6 1,3 0,4 0,6 0,5 0,5 0,5 0,5 0,5 0,5 0,5 0,5 0,5 0,5	Total 207 /206 0.062 0.063 0.063 0.063 0.063 0.061 0.061 0.061 0.061 0.061 0.061 0.061 0.061 0.061 0.061 0.061 0.061 0.062 0.063 0.062 0.063 0.062 0.062 0.062 0.062 0.062	% err 1,0 1,1 1,4 0,8 1,4 1,2 1,6 1,0 1,2 0,9 1,4 1,7 1,1 0,9 1,1 2,5 1,6 1,3 2,6 1,2 1,2 1,2	4corr 238/ 205r 9,98 10,00 9,74 9,86 10,15 10,02 9,80 9,85 9,74 9,85 9,74 9,85 9,74 9,85 9,74 9,85 9,74 9,85 9,75 10,01 9,85 9,75 10,01 9,85 9,75	% err 0,5 0,6 0,6 0,7 0,5 0,8 0,5 0,6 0,7 0,5 0,8 0,7 0,6 0,7 0,6 0,7 0,6 0,5 0,6 0,7 0,6 0,5 0,6 0,5 0,6 0,5 0,6 0,6 0,6 0,5 0,6 0,6 0,6 0,6 0,5 0,6 0,6 0,6 0,7 0,5 0,6 0,6 0,6 0,7 0,5 0,6 0,6 0,6 0,7 0,5 0,6 0,6 0,7 0,6 0,6 0,7 0,7 0,6 0,6 0,7 0,7 0,7 0,7 0,7 0,7 0,7 0,7 0,7 0,7	4corr 207r /206r 0,060 0,062 0,062 0,062 0,063 0,065 0,065 0,065 0,065 0,065 0,065 0,065 0,065 0,065 0,065 0,065 0,065 0,065 0,055 0,065 0	% err 1.6 1.9 1.4 0.9 2.9 2.7 2.1 1.8 2.9 2.7 1.5 1.0 3.1 1.5 1.0 3.1 1.5 1.2 3.1 1.6 2.9 2.4 1.6 2.9 2.4 1.4	4corr 207r 1235 0,83 0,89 0,87 0,84 0,89 0,87 0,84 0,89 0,83 0,87 0,83 0,87 0,89 0,83 0,85 0,85 0,85 0,85 0,89 0,82 0,89 0,82 0,89 0,82 0,89 0,82 0,89 0,82 0,89 0,82 0,83 0,85 0,87 0,83 0,85 0,87	% err 1,7 1,9 2,9 2,7 2,2 1,9 2,7 2,2 1,9 2,7 2,2 1,6 1,6 1,1 3,1 3,1 3,1 1,4 1,3 1,8 7,9 2,5 1,7 1,5	4corr 205r /238 0,100 0,103 0,101 0,099 0,100 0,100 0,100 0,100 0,100 0,104 0,103 0,106 0,101 0,101 0,102 0,095 0,102 0,103 0,105 0,105 0,102 0,103 0,100 0,101 0,100 0,101 0,105 0,100 0,100 0,101 0,100 0,101 0,100 0,101 0,100 0,101 0,100000000

ı

.

-



Figura 6.6 – Idade <sup>207</sup>Pb/<sup>206</sup>Pb por SHRIMP em gabro da Suíte Gabróica de Canindé.



Figura 6.7 – Idade <sup>207</sup>Pb/<sup>206</sup>Pb por SHRIMP no Granito Lajedinho.

## 7- AMBIENTE GEOTECTÔNICO DO DOMÍNIO CANINDÉ

A caracterização geoquímica, isotópica e geocronológica do Domínio Canindé dentro da Faixa Sergipana tem como objetivo maior avaliar a relação deste segmento na reconstrução de megacontinentes como Gondwana Oeste, já que o Domínio Canindé tem sido usado como um possível exemplo de arco magmático deste supercontinente (Trompette 1994). Desta forma, antes da discussão do ambiente geotectônico caracterizado para o Domínio Canindé é necessário fazer observações gerais acerca dos grandes ciclos de colagens continentais, a fim de facilitar a interpretação dos resultados isotópicos e geocronológicos obtidos para o Domínio Canindé.

A dinâmica interna da Terra desfavorece o estabelecimento de continentes gigantes que tendem a se quebrar em vários continentes menores de tempos em tempos (ciclos de 500 a 600 Ma), com a continuidade dos processos tectônicos se aglutinam, recomeçando o ciclo. A posição atual das massas continentais resulta de vários desses ciclos durante o tempo geológico, sendo reflexo da tectônica de placas, expansão de fundo oceânico e deriva continental que resultaram em cinturões orogênicos, riftes, intensa granitização, entre outras feições geológicas (Brito Neves *et al.* 1995).

O Proterozóico é marcado pela formação de plataformas continentais em torno de núcleos arqueanos estáveis, associadas a magmatismo, aglutinação de massas continentais e colagens orogênicas. Ao longo do Mesoproterozóico ocorre uma nova sucessão de colisões entre placas denominada Colagem Grenville que foi responsável pela fusão de várias áreas continentais (Atlântica, Ur, Báltica e Antártica) num gigantesco continente chamado Rodínia (McMenamin & McMenamin 1990, Hoffman 1991). Na Província Borborema a Colagem Grenville é conhecida como Evento Cariris Velho (Brito Neves *et al.* 1995). Entre 700-900 Ma o supercontinente Rodínia iniciou sua quebra, ao longo de grande riftes, gerando três blocos principais: Gondwana Leste, Laurentia e Gondwana Oeste. Durante o Neoproterozóico os blocos constituintes do Gondwana leste e oeste colidiram e vieram estabelecer o megacontinente Gondwana, durante um estágio de colagens chamado Evento Brasiliano/ Pan-Africano. Esse evento iniciou há 750-730 Ma e teve suas últimas manifestações entre 480 e 490 Ma, durante o Período Ordoviciano. Com o decorrer da Era Paleozóica a acresção de mais blocos e colisões, como a Orogenia Appalachiana e Uraliana, resultou no grande continente Pangea que foi se subdividindo em blocos continentais menores até a configuração atual (Rogers 1996).

A evolução neoproterozóica da Província Borborema, na qual a Faixa Sergipana e o Domínio Canindé se inserem, exibe como característica marcante o plutonismo granítico definido em três etapas principais 650-625 Ma; 580-570 Ma e 545-520 Ma, estes últimos com íntima relação com os eventos de extrusão tectônica da colagem orogênica Brasiliano/Pan-Africano, que antecedeu a consolidação do Gondwana Ocidental (Brito Neves *et al.* 2003). De acordo com Brito Neves *et al.* (2001), em torno de 0,7 Ga houve uma marcante fase de rifte na Província Borborema e em 0,65-0,6 Ga ocorreram os principais eventos orogênicos, plutonismo e sedimentação sin-orogênica.

1.1

O Domínio Canindé é descrito na literatura, com base essencialmente em dados estruturais e análises químicas, como uma suíte ofiolítica de dentro do contexto de arco magmático insular (Silva Filho 1977, Jardim de Sá *et al.* 1988, Santos & Souza 1988, Bezerra 1993, Trompette 1994, D'el-Rey Silva 1995, Silva Filho 1998).

Oliveira & Tarney (1990), usando dados de química mineral, elementos maiores, traço e elementos terras raras para as unidades Novo Gosto, Gentileza e Suíte Gabróica Canindé, demonstram que o quimismo destas unidades não está relacionado a arcos insulares e sim a basaltos continentais, como os da Bacia do Paraná. A Suíte Gabróica Canindé foi dividida em leucogabros que incluem anortositos, ferro-gabro rico em Ti e cumulatos máfico-ultramáficos. Analisaram com a química mineral olivina (Fo<sub>82-64</sub>), piroxênio (ortopiroxênio En<sub>81-69</sub>, nos Ferrogabro En<sub>60-54</sub>) e plagioclásio (An<sub>86-51</sub>, nos Ferro Gabro An<sub>86-71</sub>). Os autores indicam para os gabros da Suíte Gabróica Canindé uma tendência de fracionamento essencialmente toleítica. Os resultados assemelham-se a um complexo acamadado como Bushveld e Skaergaard. O ferrogabro apresenta uma diferenciação particular, pois apresenta como característica geoquímica marcante baixos teores de elementos terras leves com anomalia positiva do Eu, diferente das demais rochas da suíte que mostram um padrão enriquecido em terras leves em relação aos pesados. Seixas & Moraes (2000) também relacionam o Domínio Canindé como uma seqüência continental envolvendo formação de um rifte, vulcanismo basáltico alcalino e plutonismo gabróico e granítico.

As observações de campo e composições químicas e isotópicas das rochas das unidades Novo Gosto e Gentileza no Domínio Canindé aqui apresentadas, nos levam a princípio, a pensar que um modelo de arco magmático seria plausível para o Domínio Canindé. Arcos magmáticos são formados em geral pelo complexo de subducção, bacia de frente arco, arco magmático propriamente dito e bacia marginal de retro-arco. Derrames e intrusões magmáticas são freqüentes. O complexo de subducção pode incluir lascas da placa descendente, sedimentos acumulados no fundo oceânico, na margem do continente, que colide na fossa submarina e no domínio de frente arco. O chamado prisma ou cunha de acresção, corresponde a materiais da placa subductada e sedimentos incorporados da placa superior. Porções da crosta oceânica incorporadas no complexo de subducção constituem os ofiolitos. O desenvolvimento da cunha de acresção é relacionado ao baixo ângulo da placa subductante, cuja inclinação aumenta na direção do arco. É uma região de fortes esforços com um padrão de deformação complexo, e freqüentemente não está preservada em arcos magmáticos antigos (Windley 1995, Condie 2001), como seria o caso do Domínio Canindé.

Os anfibolitos do Domínio Canindé de forma geral correspondem à composição química de basaltos, sendo que na Unidade Gentileza encontram-se tipos mais alcalinos. Arcos magmáticos continentais em geral apresentam termos mais ácidos, como dacitos. Assim, partiremos do pressuposto que o Domínio Canindé e seus protólitos formaram-se durante o Mesoproterozóico (1,0-0,9 Ma com base idade Pb-Pb em mármores do Domínio Canindé) em um sistema de arco magmático intra-oceânico como sugerido por vários autores (Silva Filho 1976, Jardim de Sá *et al.* 1986, Santos *et al.* 1988, Bezerra 1992, Trompette 1994), onde a pilha metavulcanossedimentar da Unidade Novo Gosto corresponderia a uma suíte ofiolítica.

As composições geoquímicas e isotópicas das rochas do Domínio Canindé poderiam até sugerir que são derivadas de composições mantélica empobrecidas que evoluíram por diferenciação magmática, envolvendo em maior ou menor escala processos de cristalização fracionada, mistura de magma máficos e félsicos ou contaminação crustal. As composições isotópicas de Nd para as unidades Unidade Novo Gosto e Gentileza mostram que é improvável a presença de grandes proporções de crosta continental antiga (arqueana/paleoproteróica). Isto sugere que os sedimentos originais da Unidade Novo Gosto podem derivar em grande parte do próprio arco, apesar de haver também contribuição de rochas mais antigas do Maciço Pernambuco-Alagoas (PEAL).

A movimentação de massas continentais (Domínio Poço Redondo e Maciço Pernambuco Alagoas) gerou a abertura desta bacia sedimentar (Mar de Canindé) que recebeu aporte sedimentar de rochas relacionadas ao Ciclo Brasiliano e de rochas mais antigas correlacionáveis às faixas Cariris Velhos, descritas mais ao norte do Domínio Canindé (Brito Neves *et al.* 1995). O fechamento da bacia gerou mergulhos da foliação para NE. No ápice desta colisão os mergulhos foram verticalizados e invertídos e evoluíram para a Zona de Cisalhamento Mulungú-Alto Bonito.

||

I

As rochas híbridas da Unidade Gentileza que apresentam textura *rapakivi* estariam relacionadas a uma zona distensiva dentro do arco magmático que teria favorecido também a intrusão da Suíte Gabróica de Canindé.

Para corroborar com o modelo acima descrito, estariam as assinaturas geoquímicas com anomalias negativas Nb-Ta e enriquecimento dos ERT leves em relação aos pesados, bem como a ocorrência de rochas como grafita xistos intercaladas em sedimentos clásticos e a presença de batólitos graníticos com abundância de encraves máficos

Entretanto, características geoquímicas como assinaturas com anomalias negativas Nb-Ta e enriquecimento dos ERT leves em relação aos pesados, são também características de seqüências continentais. Além disso, os diversos granitos que ocorrem na região (Serrota, Boa Esperança, Tipo Sítios Novos, Lajedinho) são no geral metaluminosos e peraluminos com composições alcalina a alcalina-cálcica, ricos em ferro, características de granitos anorogênicos do Tipo A (Frost *et al.* 2001). Somado a estes fatos, dados de geocronologia em cristais de zircão (U-Pb por SHRIMP) nos levaram a pensar que os resultados obtidos por FRX, ICP-MS e Sm-Nd suportam melhor o modelo de seqüência intra-continental, envolvendo uma seqüência neoproterozóica relacionada ao Evento Brasiliano. Os resultados de análises U-Pb em cristais de zircão na Suíte Gabróica de Canindé apontam idades em torno de  $690 \pm 16$  Ma, mais ou menos contemporânea com a Unidade Gentileza ( $688 \pm 15$  Ma e  $684 \pm 7,3$  Ma). O Granito Lajedinho seria posterior com idades em torno de  $634 \pm 10$  Ma. A Unidade Novo Gosto apresenta pelo menos três fontes principais de sedimentação (977-718-679 Ma) e o zircão mais novo desta unidade tem idade U-Pb de 625 Ma, indicando que a deposição perdurou até a colisão brasiliana.

A figura 7.1 mostra um esquema do modelo evolutivo do Domínio Canindé dentro do contexto de seqüência continental. Na figura 7.1a ocorre a ascenção termal da litosfera e colapso superior da crosta com subsidência, deposição e magmatismo. A quebra da litosfera continental e quantidade de magma gerado na fase inicial de rifte depende de fatores como: temperatura, pressão, viscosidade e espessura da litosfera. Riftes podem ser gerados por anomalias térmicas do manto superior e por forças tectônicas que geram adelgaçamento da litosfera e fusão (White &

McKenzie 1989). A abertura do Atlântico Norte é um bom exemplo de quebra da litosfera continental em função de forças tectônicas. Já abertura do Atlântico Sul corresponde à quebra continental associada com plumas do manto. A quantidade de fusão está diretamente relacionada com a temperatura, que gera descompressão que por sua vez controla a subsidência. No caso do Domínio Canindé o rifte pode estar relacionado a anomalias termais do manto superior por forças tectônicas (tectônica do Brasiliano) gerando fusões com contaminação da crosta. Um pequeno aumento na temperatura do manto tem um dramático efeito na subsidência inicial nas bacias de rifte e margem continental (White & McKenzie 1989, White *et al.* 1987). A idade Pb-Pb de 963  $\pm$  20 Ma obtida em mármore da Unidade Novo Gosto pode estar relacionada com a fase inicial de sedimentação e magmatismo do rifte. Deste embasamento restariam enclaves de anfibolitos na Suíte Gabróica de Canindé.

A acumulação de sedimentos e o magmatismo iniciais foram obliterados e possivelmente erodidos com a fusão que originou as rochas da Suíte Gabróica Canindé e Unidade Gentileza (Fig. 7.1b), posteriormente a injeção do Granito Boa Esperança gerou uma mistura de magmas de composição contrastante (máfica e félsica) que resultou em rochas híbrida com textura *rapakavi* da Unidade Gentileza (Fig. 7.1c).

O quartzo-monzodiorito que ocorre na Unidade Gentileza com textura *rapakivi* corrobora com um cenário de ambiente anorogênico para o Domínio Canindé. A textura *rapakivi* é freqüentemente relacionada a ambientes tectônicos distensivos com magmatismo anorogênico. Rochas plutônicas e subvulcânicas com textura *rapakivi* podem estar associadas a complexos gabróico e anortosítico e em geral têm como característica marcante o magmatimo bimodal com predominância de rochas félsicas e/ou máficas (Haapala & Rämö 1999). Numerosas ocorrências de granitos *rapakivi* tem sido relatadas nos países bálticos (Finlândia, Suécia, Ucrânia), Canadá (Labrador), EUA, Groelândia, Venezuela, Brasil e várias outras áreas de escudo Pré-Cambriano. No Brasil especialmente no Cráton Amazonas (1,8 Ga, Dall'Agnol 1999) e na região sudeste em terrenos neoproterozóicos (Wernick 2000, Janasi 1999).

As rochas máficas da associação *rapakivi* são, em geral, resultante de fusões com pouca água e alta temperatura da crosta continental inferior. A composição isotópica do Nd sugere manto subcontinental, podendo haver contaminação crustal de magmas derivados do manto. O aspecto macroscópico de porções do magma félsico com injeções episódicas formando glóbulos e/ou enclaves de composições máficas envoltos em rochas félsica, além da ocorrência de textura

*rapakivi*, quartzo ocelar, apatita acicular, megacristais de K-feldspatos são evidências de hibridização por mistura (*mingling*). Os enclaves máficos, textura *rapakivi*, filtragem-prensagem magmática (*filter pressing*) *i*mplicam, num alto gradiente de temperatura e viscosidade, com injeções episódicas de fusão máfica. A interação entre magmas contrastantes da Unidade Gentileza (diabásio) e Granito Boa Esperança produziram membros híbridos intermediários com textura *rapakivi*. Esta interação de magmas de composições contrastantes é mais usual em ambiente anorogênico do que em cinturões orogênicos (Lowell & Young 1999).

iΙ

O fechamento da bacia (Fig. 7.1c), com o Domínio Poço Redondo sendo "empurrado" sob o PEAL (movimentação do Cráton do São Francisco e PEAL, Brito Neves *et al.* 1995), formou uma bacia marginal que resultou em nova sedimentação da Unidade Novo Gosto, tendo como áreas fontes às rochas da Unidade Gentileza e Granito Lajedinho (0,6 Ga).

É claro que há também lacunas para o modelo de rifte continental para o Domíno Canindé. Assembléias sedimentares comumente interpretadas como produto de rifte continental incluem sedimentos imaturos, comumente argilito, arenitos e conglomerados, indicando rápida subsidência, além de grauvacas e carbonatos. As rochas vulcânicas são tipicamente bimodal em composição com derivação do manto (as rochas toleíticas subordinadamente produzem riolitos por fusão da crosta continental) (Wilson 1989). Contudo, as suítes ígneas do Proterozóico podem ter características geoquímicas ambíguas. Riftes que se desenvolveram rapidamente podem produzir basaltos com características químicas de basaltos de bacia de retro-arco e MORBs, sendo ainda consistente com a origem de rifte (Winchester *et al.* 1987).

O estudo de feições proterozóicas descritas e interpretadas em termos de ambiente tectônico é complexo. Além disso, a composição química dos magmas em zonas de rifte intracontinentais depende de uma variedade de fatores incluindo a química e heterogeneidade mineral de fontes do manto, grau de fusão, taxa de transferência de magma para superfície e existência de reservatórios de magmas em níveis mais rasos (Wilson 1989).

A movimentação de massas continentais que aglutinaram e dispersaram supercontinentes durante o Neoproterozóico (543-1000 Ma), gerando feições como os cinturões orogenéticos (Brasilianos e Pan-Africanos) com abertura e fechamento de bacias oceânicas têm sido amplamente discutido na literatura (Hoffman 1991, Moores 1991, Brito Neves & Cordani 1991, Young 1995). O Domínio Canindé é um bom exemplo dessa tectônica do Neoproterozóico e

portanto tem importância regional na evolução tectônica da Faixa Sergipana, durante a amalgamação do Gondwana Oeste.

.ι

.



11

I

Figura 7.1 - Modelo evolutivo de rifte continental para o Domínio Canindé : ( a ) colapso da litosfera continental por afastamento da massas continentais PEAL e Domínio Poço Redondo, subsidência, sedimentação, subida da MOHO e conseqüente magmatismo, primeiros pulsos sedimentação da Unidade Novo Gosto (em torno de 970 Ma a qual foi invadida pela Suite Gabróica de Canindé e Unidade Gentileza (690 Ma) (b). (c) Intrusão do Granito Boa Esperança e posteriormente Granito Lajedinho (634 Ma). (d) Fechamento da Bacia de Canindé com novos pulsos de sedimentação da Unidade Novo Gosto (a partir de 634 Ma).



Mapa de amostragem do Domínio Canindé com os principais pontos de análises químicas e isotópicas.

(Base cartográfica Seixas & Moraes 2000)

<u>8 km</u>

## **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- Ahmed, Z. & Ernst, W.G. 1999. Island Arc-Related, back-Arc Basinal, and Oceanic-Island components of the Bela Ophiolite-Mélange Complex, Pakistan. International Geology Review, 41: 739-736.
- Anderson, J. L. 1983. Proterozoic anorogenic granite plutonism of North America. In: Mederis, L. G., Byers, C.W., Mickelson, D.M., Shanks, W.C. (eds) Proterozoic Geology, International Proterozoic Symposium. Geological Society of America, Memoir 161: 133-154.
- Anderson, J.L. & Thomas, W. M. 1985. Proterozoic anorogenic two-mica granites: Silver Plume and St. Vrain batholiths of Colorado. *Geology*, 13: 177-180.
- Arndt, N.T. & Goldstein, S.L. 1987. Use and abuse of crust-formation ages. Geology, 15: 893-895.
- Babinsk, M., Van Schmus, W. R., Chemale Jr., F. 1999. Pb-Pb dating and Pb isotope geochemistry of Neoproterozoic carbonate rocks from the São Francisco Basin, Brazil: implications for the mobility of Pb isotopes during tectonism and metamorphism. *Chemical Geology*, 160: 175-199.
- Barth, M.G., McDonough, W.F., Rudnick, R.I. 2000. Tracking the budget of Nb and Ta in the continental crust. *Chemical Geology*, 165:197-213.
- Bau, M. 1991. Rare-earth element mobility during hydrothermal and metamorphic fluid-rock interaction and the significance of the oxidation state of europium. *Chemical Geology*, 93:219-230.
- Bea, F. 1996. Residence of REE, Y, Th, and U in granites and crustal protoliths, implications for the chemistry of crustal melts. *Journal of Petrology*, 37: 521-552.
- Beard, J. S., 1986. Characteristic mineralogy of arc-related cumulate gabbros: Implications for the tectonic setting of gabbroic plutons and for andesite genesis. *Geology*, 14: 848-851.
- Bezerra, F.H.R., 1992. Geologia e evolução petrológica do Complexo gabróico Canindé do São Francisco e rochas adjacentes (Sergipe e Alagoas). Dissertação de Mestrado, Instituto de Geociências, Universidade de Brasília, 220 p.
- Bezerra, F.H.R., Jardim de Sá, E. F., Nilson, A.A., Blais, S. 1993. O ambiente tectônico do complexo Canindé do São Francisco e rochas encaixantes da Faixa Sergipana, NE do Brasil. In: SBG, 1º Simpósio sobre o Cráton São Francisco. Salvador, 2, Anais, p.117.

Bhathia, M. R. 1983. Plate tectonics and geochemical composition of sandstones. *Journal Geol.*, **91**:611-627.

ίI

I.

- Bhathia, M.R. & Crook K.A. 1986 Trace elements characteristics of graywackes and tectonic setting discrimination of sedimentary basins. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 92(2):181-193.
- Bolhar, R., Hofman A., Woodhead J., Hergt, J., Dirks, P. 2002. Pb- and Nd-isotope systematics of stromatolitic limestones from the 2,7 Ga Ngezi Group of the Bellingwe Greenstone Belt constraints on timing of deposition and provenance. *Precambrian Res.*, 114:277-294.
- Branner, J. C. 1913. The Estancia beds of Bahia, Sergipe and Alagoas, Brasil. Journal Science, 35 (210): 619-632.
- Brewer, T. S. & Menuge, J. F. 1998. Metamorphic overprinting of Sm-Nd isotopic systems in volcanic rocks: the Telemark Supergroup, southern Norway. *Chemical Geology*, 145:1-16.
- Brito Neves, B. B. & Cordani, U. G. 1973. Problemas geocronológicos do "Geossinclinal Sergipano" e do seu embasamento. In: SBG, Congresso Brasileiro de Geologia, 27, Aracajú, Anais, SBG, p. 67.
- Brito Neves, B. B. 1975. Regionalização geotectônica do Pré-Cambriano Nordestino. Tese de Doutoramento. Instituto de Geociências. Universidade de São Paulo, 198p.
- Brito Neves, B. B., Campos Neto, M., Rangel, J. M. 1987. Contribuição à análise estrutural do Sistema Sergipano. CNPq/SDC. Relatório, 53 p.
- Brito Neves, B. B., Sial, A. N., Albuquerque, J. P. T. 1977. Vergência centrífuga residual do Sistema de Dobramentos Sergipanos. *Revista Brasileira de Geociências*, 7 (2): 102-114.
- Brito Neves, B.B., Winge, M., Carneiro, M.A. 1985. Orogênese precedendo a tafrogênese sucedendo Rodínia na América do Sul. Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, Boletim.
- Brito Neves, B.B. & Cordani, U.G. 1991. Tectonic Evolution of South América during the Late Proterozoic. *Precambrian Research*, **53**:23-40.
- Brito Neves, B.B., Van Schmus, W.R., Santos E. J., Campos Neto, M.C., Kozuch M. 1995. O Evento Carirís Velhos na Província Borborema: Integração de Dados, Implicações e Perspectivas. Revista Brasileira de Geociências, 25(4):279-296.

Brito Neves, B.B., Campos Neto, M.C., Fuck, R.A. 1998. From Rodínia to western Gondwana an approach the Brasiliano-Pan Africano cycle and orogenic collage. *Episodes*, **22**:155-166.

1.

- Brito Neves, B.B., Passarelli, C.R., Basei, M.S.A., Santos, E.J.S. 2003. Idades U-Pb em zircão de alguns granitos clássicos da Província Borborema. Revista do Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, 3:25-38.
- Brito Neves, B.B., Van Schmus, W.R., Fetter, A.H. 2001. Noroeste da África Nordeste do Brasil (Província Borborema) ensaio comparativo e problemas de correlação. *Revista do Instituto de Geociências*, Universidade de São Paulo, 1:59-78.
- Campos Neto, M. C. & Brito Neves, B. B. 1987. Considerações sobre a organização e geometria do Sistema de Dobramento Sergipano. *In*: Simpósio Nacional de Estudos Tectônicos. Salvador, *Boletim de Resumos*, p. 90.
- Carvalho M.J. & Oliveira E.P. 2002. Dados Sm-Nd preliminares em sedimentos e vulcânicas do domínio Marancó na Faixa Sergipana, Nordeste do Brasil. *In:* SBG, Congresso Brasileiro de Geologia. João Pessoa, 51, *Anais*, p. 297.
- Collins, B.J., Beams, S.D., White, A.J.R., Chappell, B.W. 1982. Nature and origin of A-type granites with particular reference to southeastern Australia. *Contributions to Mineralogy* and Petrology, **80**: 189-200.
- Compston, W., Williams, I.S., Meyer, C. 1984. U-Pb geochronology of zircons from lunar breccia 73217 using a sensitive hight massresolution ion microprobe. Journal of Geophsical Research, 89:252-534.
- Chappell, B. W. & White, A.J.R. 1974. Two contrasting granite types. *Pacific Geology*, 8: 173-174.
- Chauvel, C., Goldstein, S. L., Hofmann, A. W. 1995. Hydration and dehydration of oceanic crust controls Pb evolution in the mantle. *Chemical Geology*, **126**:65-75.
- Chauvel, C., Goldstein, S.L., Hofmann, A.W. 1993. Hydration and dehydration of oceanic crust controls Pb evolution in the mantle. *Chemical Geology*, **95**:65-75.
- Chen, B. & Jahn, B.M. 2002. Geochemical and isotopic studies of the sedimentary and granitic rocks of the Altai orogen of northwest China and their tectonic implications. *Geological Magazine*, 139:1-3.
- Condie, K. C. 1991. Another look at REE in shales. Geochemica et Cosmochimica Acta 5:2527-31.

Condie, K. C. 2001. Mantle Plumes and Their Record In Earth History. Cambridge University Press. 306 pp.

i I

- Condie, K. C. 2005. High field strength element ratios in Archean basalts: a window to envolving sources of mantle plumes? *Lithos*, **79**: 491-504.
- Cox, K.G., Bell, J.D., PanKhurst, R.J. 1979. The Interpretation of igneous rocks. Londom. George Allen & Unwin. 450pp.
- Dall'Agnol, R., Costi, H.T., Leite, A.A.S., de Magalhães, M.S., Teixeira, N.P. 1999. Rapakivi granites from Brazil and adjacent areas. *Precambrian Research*, **95**:9-36.
- D'el-Rey Silva, L.J.H. 1994. The evolution of basement gneiss domes of the Sergipe fold belt (NE Brazil) and its importance for the analysis of Proterozoic basins. *Journal of South Sciences*, 8: 325-340.
- D'el-Rey Silva, L.J.H. 1995. Tectonic evolution of the Sergipano Belt, NE Brazil. Revista Brasileira de Geociências, 25: 315-332.
- D'el-Rey Silva, L.J.H. 1999. Basin infilling in the southern-central part of the Sergipano Belt (NE Brazil) and implications for the evolution of Pan-African/Brasiliano cratons and Neoproterozoic sedimentary cover. *Journal South America Earth Sciences*, **12**: 453-470.
- D'el-Rey Silva, L.J.H., McClay, K.R. 1995. Stratigraphy of the southern part of the Sergipano belt, NE Brazil: Tectonic implications. *Revista Brasileira de Geociências*, **25**: 185-202.
- Davison, I. & Santos, R.A. 1989. Tectonic evolution of the Sergipano Fold Belt, NE Brazil, during the Brasiliano Orogeny. *Precambrian Research*, 45: 319-342.
- DePaolo, D. J. 1980. Source of continental crust: Neodymium isotope evidence for the Sierra nevada and peninsular Ranges. *Science*, **209**:684-687.
- DePaolo, D. J. 1981. A neodymium and strontium isotopic study of the Mesozoic calc-alkaline granitic batholith of the Sierra Nevada and Peninsular Ranges, California. Journal of Geophisical Research, 86:10470-10488.
- DePaolo, D.J. 1988. Neodymium isotope geochemistry, an introduction. Springer-Veriag. 187pp.
- De, S.K., Chacko, T., Creaseser, R.S. 2000. Geochemical and Nd-Pb-O isotope systematics of granites from the Taltson Magmatic NE Alberta: implications for early Proterozoic tectonics in wetern Laurentia. Precambrian Research, 102: 221-249.
- Dickson, W.R. & Suczek, C.A. 1979. Plate tectonics and sandstone compositions. The American Association of Petroleum Geologists, 63(12):2164-2182.

- Eby, G. N. 1990. The A-type granitoids; a review of their occurrence and chemical characteristic and speculation on their petrogenesis. *Lithos*, **26**: 115-134.
- Farina, M. 1966. Abesto de Alagoas Relações litológicas, estruturais e genéticas importância econômica. Recife, SUDENE. Boletim, 3, 67 p.
- Farina, M. 1967. Quantificação dos depósitos de abestos de Campestre-Alagoas. Recife, SUDENE.Boletim, 6, 37 p.
- Farina, M. 1970. Geologia da parte norte das quadrículas de Batalha e Arapiraca Alagoas. Recife, SUDENE.Boletim, 71 p.
- Faure, G. 1977. Principles of Isotope Geology. John Wiley & Sons, 587 pp.
- Foley, S., Tiepolo, M., Vannucci, R. 2002. Growth of early continental crust controlled by melting of amphibolite in subduction zones. *Nature*, **417**:837-840.
- Frost, C.D. & Frost, B.R. 1997. High-K, iron-enriched rapakivi-type granites: tholeiite connection. *Geology*, 25: 647-650.
- Frost, C.D., Forst, B.R., Chamberlain, K.R., Edwards, B.R., 1999. Petrogenesis of the 1.43 Ga Sherman batholith, SE Wyoming: a reduced rapakivi-type anorogenic granite. *Journal of Petrlogy*, 40: 1771-1802.
- 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. *Journal of Petrology*, **32**:2033-2048.
- Garrella, R. M. & Mackenzie, F. T. 1971. Evolution of sedimentary rocks. M.M. Norton, New York. 397pp.
- Gava, A., Nascimento, D.A., Vidal, J.L.B., Ghignone, J.I., Oliveira, E.P., Filho, A.L.S., Teixeira,
  W. 1983. Folhas Aracajú/Recife, MME. Rio de Janeiro. Projeto RADAMBRASIL, 30: 27-351.
- Garland, F., Turner, S., Hawkesworth, C. 1996. Shifts in the source of the Paraná basalts through time. Lithos, 37: 233-243.
- Gioia, S. M. & Pimentel, M.M. 2000. The Sm-Nd isotopic method in the Geocronology Laboratory of the University of Brasilia. Anais da Academia Brasileira de Ciências, 72:219-245.
- Goldestein, S. J. & Jacobsen, S. B. 1988. Nd and Sr isotopic systematics of river suspended material: implications for crustal evolution. *Earth and Planetary Science Letters* 87: 249-265.

Green, T. H. 1995. Significance of Nb/Ta as an indicator of geochemical processes in the crustmantle system. *Chemical Geology*, **120**: 347-359.

! |

- Haapala, I. & Rämö, O.T., 1999. Rapakivi granites and related rocks: an introduction. *Precambrian Research*, 95: 1-7.
- Harris, N.B.W., Hawesworth, J., Ries, A.C. 1984. Crustal evolution in north-east and Afric from model Nd ages. *Nature*, 309:773-776.
- Henry, P., Stevenson, R.K.; Larbi, Y., Gariepy, C. 2000. Nd isotopic evidence for early to late Archean (3-4-2,7 Ga( crustal growun in the western Ssuperior Province (Ontario, Canada). *Tecnophysics*, **322** (1-2):135-151.
- Hoffman, P.F. 1991. Did the breakoutof Lauentia turn Gondwanaland inside out? Science, 252:1409-1412.
- Humphrey, L. & Allard, G.O. 1962. Reconnaissance geology of pre-Cretaceous rocks in the state of Sergipe. Salvador. Relatório PETROBRÁS (1625), 37 p.
- Humphrey, L. & Allard, G.O. 1969. Geologia da área do domo de Itabaiana (SE) e sua relação com a geologia do geossinclinal de Propriá. Rio de Janeiro. Relatório PETROBRÁS, 104 p.
- Irvine, T.N. & Baragar, W.R.A. 1971. A guide to the chemical classification of common rocks. Can. Journal Earth. Science, 8: 523-548.
- Jahn B.M., Betrand-Sarfati, J., Morin, N., Macé, N. 1990. Direct dating of stromatolitic carbonates from the Schmidtsdrift Formation (Tranvaal Dolomic), South Africa, with implications on the age of the Ventesdorp Supergroup. Geology, 18:1211-1214.
- Jan, M. Q. & Windley, B.F. 1990. Chromian spinel-silicate chemistry in ultramafic rocks of the Jijal Complex, northwest Pakistan. *Journal of Petrology*, 31:667-715.
- Janasi, V.A. 1999. Petrogênese de granitos crustais na nappe de empurrão Socorro-Guaxupe (SP-MG): uma contribuição da geoquímica elemental e isotópica. Dissertação de Pós-Doutorado, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, 304 p.
- Jardim de Sá, E. F., Moraes, J. A. C., Silva, L. J. H. D. 1986. Tectônica tangencial na Faixa Sergipana. In: SBG, Congresso Brasileiro de Geologia. Anais (3), p. 1246.
- Jolly, W. T., Lidiak, E. G., Dickin, P. A. Wu, T. 2001. Secular geochemistry of central Puerto Rican Island Arc Lavas: constraints on Mesozoic Tectonism in the Eastern Greater Antilles. *Journal of Petrology*, 42:2197-2214.

- Kerr, A.W.C., Aspden, J.A., Tarney, J., Pilatasig, L. F. 2002. The nature and provenance of accreted oceanic terranes in western Ecuador: Geochemical and tectonic constraints. *Journal of the Geology Society*, 159:577-594.
- Kerrich, R., Wyman, D., Hollings, P., Polat, A. 1999. Variability of NB/U and Th/La in 3,0 to 2,7 Ga Superior Province ocean plateau basaltfor the timing of continental growth and lithosphere recycling. *Earth and Planetary Sc. Letters*, **168**: 101-115.
- Kilpatrick, J.A. & Ellis, D.J. 1992. C-type magmas: igneous charnockites and their extrusive equivalents. Transaction of the Royal Society of Edinburgh: *Earth Science* 83, 155-164.
- Kobayashi, K. & Nakamura, E. 2001. Geochemical Evolution of Akagi Volcano, NE Japan: Implications for the Interaction Between Island-arc magma and lower crust, and generation of isotopically various magmas. *Journal of Petrology*, 17:2303-2331.
- Krosgh, T.E.1973. A low contamination method for hydrothermal decomposition of zircon and extraction of U and Pb for isotope age determination. Geochem. Cosmochim. Acta, 37:485-494.
- Leake, B. E. 1964. The chemical distinction between ortho-and para-amphibolites. *Journal of Petrology*. 5: 238-254.
- Leite, W. A. 1969. Geologia do baixo São Francisco e depósitos de abestos de Alagoas. Recife. SUDENE/DIV. 77 p.
- Leat P.T., Livermore, R.A., Millar, I.L., Pearce J.A. 2001. Magma supply in back-arc spreading centre segment E2, East Scotia Ridge. *Journal Petrology*, **41**: 845-866.
- Le Maitre, R.W. 1989. A classification of igneous rocks and glossary of terms. Blackwell, Oxford, 193 pp.
- Lightfoot, P. & Hawkesworth, C. 1988. Origin of Deccan Trap lavas: evidence from combined trace element and Sr, Nd and Pb-isotope studies. *Earth and Planetary Sciense Letters*, 91: 89-104.
- Loiselle, M.C. & Wones, D.S. 1979. Characteristic and origin of anorogenic granites. *Geological* Society of America, Abstract with programs 11, 468 p.
- Lowell, G.R. & Young, G.J. 1999. Interaction between coeval mafic and felsic melts in the St. Francois Terrane of Missouri, USA. *Precambrian Research*, **95**: 69-88.
- Ludwig, K. R. 1990. Isoplot: a plotting and regression program for radiogenic-isotope data, for IBM-PC compatible computers, Version 2.02. USGS Open-File Rep. 88-557.
Ludwig, K. R. 1999. Isoplot/Ex- a geochronological toolkit for Microsoft Excel. Bekerley Geochronological Center, Special Publication, 1a.

| |

- Maniar, P.D. & Piccolli, P.M. 1989. Tectonic discrimination of granitoids. Geological Society of America Bulletin, 101:635-643.
- McMenamin, M.A.S. & McMenamin, D.L.S. 1990. The emergence of animals: The Cambrian Break through. New York. Columbia University. 217 pp.
- Mechede, M. 1986. A method of discriminating between different types of mid-ocean ridge basalts and continental tholeiites with the Nb-Zr-Y diagram. *Chemical Geology*, **56**: 207-218.
- Moorbath, S., Taylor, P.N., Orpen, J.L., Treloar, P., Wilson, J.F. 1987. First direct radiometric dating of Archean stromatolite limestone. *Nature*, **326**:865-867.
- Moraes Rego, L. F. 1933. Notas sobre a geologia, a geomorfologia e os recursos minerais de Sergipe. Anais na Escola de Minas de Ouro Preto, 24: 31-84.
- Miller, C.F. 1985. Are strongly peraluminous magmas derived from pelitic sedimentary sources? Journal of Geology, 93: 673-689.
- Moraes, L. J. & Alves, B. P. 1952. Geologia e recursos minerais de retângulo de Paulo Afonso.
  In: Estudos da zona de influência da Cachoeira de Paulo Afonso. DNPM. Relatório (721),
  p. 107.
- Moores, E. M. 1991. Southwest U.S.- East Antártica (SWEART) connection a hypothesis. Geology, 19:425-428.
- Mullen, E.D. 1983. MnO-TiO<sub>2</sub>-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>: A minor element discriminent for basaltic rocks of oceanic environments and its implications for petrogénesis. *Earth. Planet. Sci. Lett.*, **62**: 53-62.
- Münker, C. 1998. Nb/Ta fractionation in a Cambrian arc/back arc system, New Zealand: source constraints and application of refined ICPMS techniques. *Chemical Geology*, **144**: 23-45.
- Nascimento R.S. & Oliveira, E.P. 2003. Nd and Pb isotope constraints on sediment provenance in the Canindé Domain, Sergipe Orogenic Belt (NE Brazil). In: South American Symposium on Isotope Geology, Salvador, 15, Anais.
- Nascimento R.S. & Oliveira E.P. 2002. Domínio Canindé, Faixa Sergipana, NE do Brasil: arco magmático seguido de magmatismo anorogênico?*In:* SBG, Congresso Brasileiro de Geologia, João Pessoa, 51. p. 321.

- Navarro, M. S. 2004. A implantação de rotina, e seu refinamento, para a determinação de elementos terras raras em materiais geológicos por ICP-OES e ICP-MS. Aplicação ao caso dos granitóides de Piedade-Ibiúna (SP) e Cunhaporanga (PR).Dissertação de Mestrado, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, 120p.
- Oliveira, A. I & Moura, P. 1942. Nota sobre a idade da Série Estância, nos Estados da Bahia, Sergipe e Alagoas. *Mineração e Metalurgia*, 6 (33): 111-113.
- Oliveira, E.P. & Tarney, J. 1990. Petrogenesis of the Canindé do São Francisco complex: a major late Proterozoic gabbroic body in the Sergipano fold belt, NE Brazil. Journal South Am. Earth Science, 3: 125-140.
- Oliveira, E.P., Winter, C., Sachs, L., Batista, J.J., Figueiredo, B., Foster, R. 1993. Limiting factors in applying geochemistry to tectonic setting identification in continental areas: implications to the Carajas basic metavolcanics, Brazil. In: 4° Congr. Bras. Geoquim., Brasília, Resumos expandidos, p. 20-22.
- Orville, P. M. 1969. A model for methamorphic differentiation origin of thin-layered amphibolites. *American Journal of science*, **267**:64-86.
- Parrish, P.P. 1987. An Inproved micro-capsule for zircon dissolution in U-Pb geochronology. Chemical Geology, 66: 99-102.
- Patchet, P. J. & Ruiz, J. 1987. Nd isotopic ages of crust formation and metamorphism in the Precambrian of eastern and southern Mexico. *Contr. Miner. Petrol.*, **96**: 523-528.
- Peacock, M.A. 1931. Classification of igneous rock serie. Journal of Geology, 39: 54-67.
- Pearce, J.A. & Cann, J.R. 1973. Tectonic setting of basic volcanic rocks determined using trace element analyses. *Earth and Planetary Science Letters*, **19**: 290-300.
- Pearce, T.H., Gormman B.E., Birkett, T.C. 1979. The relationship between major element chemistry and tectonic environment of basic and intermediate volcanic rocks. *Earth and Planetary Science Letters*, **36**: 121-132.
- Pearce, J. A. & Norry, M.J.1979. Petrogenetic implications of Ti, Zr, Y e Nb variations in volcanic rocks. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 69:33-47.
- Pearce, J. A., Harris, N.B.W., Tindle, A.G. 1984. Trace element discrimination diagrams for the tectonic interpretation of granitic rocks. *Journal of Petrology*, 25: 956-983.
- Pearce, J.A. 1996. Sources and settings of granitic rocks. *Episodes* 19, v.4.

Petro, W.L., Vogel, T.A., Wilband, J.T. 1979. Major-element chemistry of plutonic rock suites from compressional and extensional plate boundaries. *Chemical Geology*, **26**: 217-235.

11

I

- Pidgeon, R.T., Furfaro, D., Kennedy, A.K., Nemchim, A.A. 1994. Calibration of zircon strandards for the Curtin SHRIMP II. Abstracts of the Eight International Conference on Geochronology, Cosmochrology and Isotope Geology, Beskeley, USA. Geological Survey Circular, 1107, p.251.
- Pimentel, M.M. & Charnley, N. 1991. Intracrustal REE fraction and implications for Sm-Nd model age calculations in late-stage granitic rocks An example from central brazil. *Chemical Geology*, 86:123-138.
- Plank, T. & White, W.M. 1995. Nb and Ta in arc mid-ocean ridge basalts. Geology Soc. Am. Regional, North central section.
- Plank, T. 1995. Nb and Ta in arc and mid-ocean ridge basalts. Geol. Soc. Am. Regional Meeting, North Central Section.
- Plank, T. & Langmuir, C.H. 1998. The chemical composition of subducting sediment and its consequence for the crust and mantle. *Chemical Geology*, **145**:325-394.
- Pressley, R.A. & Brown, M. 1999. the Phillips Pluton, maine, USA: evidence of heterogeneous crustal sources and implications for granite ascent and emplacement mechanism in convergent orogens. *Lithos*, 46 (3):335-366.
- Reynaud, C., J. è., Lapierre, H., Mamberti, M., Mascle, G. H. 1999. Oceanic plateau and island arcs of southwestern Ecuador: theirplace in the geodynamic evolution of northwestern South Americ. *Tectonophysics*, **307**:235-254.
- Rollinson, H. 1993. Using Geochemical Data: evaluation, presentation, interpretation. Longman, London. 352 p.
- Rogers, J.J.W. 1996. History of continents in the past three billion years. Journal of Geology, 104: 91-107.
- Santos, E. J. & Silva Filho, M. A. 1975. Ensaio interpretativo sobre a evolução da geossinclinal de Propriá, nordeste do Brasil. *Revista Mineração e Metalurgia*, **367**: 3-22.
- Santos, R. A, Menezes Filho, N. R., Souza, J. D. 1988. Programa de levantamentos geológicos Básicos do Brasil; carta metalogenética/previsional – escala 1:100.000 (Folha CS.24-X-C-VI Piranhas). DNPM/CPRM, 4 volumes.

- Santos, R. A, Martins, A.A.M., Neves, J.P., Leal, R.A. 1998. Geologia e recursos minerais do Estado de Sergipe. CPRM/Codise. 107 p.
- Saunders, A. D., Storey, M., Kent, R.W., Norry, M.J. 1992. Consequences of plume-lithosphere interations. *Geological Society Special Publication*, **69**:41-56. Geological Society.
- Seixas, S.R.M. & Moraes, L.C. 2000. The Canindé Domain: its different gabbroic rocks. *In*: International Geological Congress, Rio de Janeiro, 31, *Anais*, p.6.

Shand, S.J. 1947. The Eruptive Rocks. New York: John Wiley.144 pp.

t

- Silva Filho, A. F., Guimarães, I. P., Lyra de Brito, M. F., Pimentel, M. M., 1997. Geochemical signatures of main neoproterozoic late-tectonic granitoids from the proterozoic sergipano for the brasiliano orogeny. *International Geology Review*, **39**:639-659.
- Silva Filho, M. A. 1976. A suíte ofiolítica da Geossinclinal de Propriá. In: SBG, Congresso Brasileiro de Geologia, 29°, Anais, p. 51.
- Silva Filho, M. A. 1998. Arco vulcânico Canindé-Marancó e a Faixa Sul-Alagoana: seqüências orogênicas Mesoproterozóicas. In: SBG, Congresso Brasileiro de Geologia, Belo Horizonte, 50°, Anais, p. 16.
- Silva Filho, M. A., Bonfim, L.F.C., Santos, R. A. 1978. A geossinclinal sergipana: estratigrafia, estrutura e evolução. In: SBG, Congresso Brasileiro de Geologia. Recife, 30, Resumo das comunicações, p. 294.
- Silva Filho, M. A., Bonfim, L.F.C., Santos, R. A., Leal, R. A., Braz Filho, P. A., Rodrigues, T. L., Santos, J. C. Bruni, D.C. 1979. Projeto Complexo Canindé do São Francisco. Relatório Final . DNPM/CPRM, vol.8.
- Silva Filho, M. A., Bonfim, L.F.C., Santos, R. A., Leal, R. A., Braz Filho, P. A., Rodrigues, T. L., Santos, J. C. Bruni, D.C. 1981. Projeto Complexo de Canindé do São Francisco. Relatório Final. DNPM, Série Geológica, 19. Geol. Básica, 14.
- Silva Filho, A. F., Guimarães, I.P., Van Schmus, W.R. 2002. Crustal evolution of the Pernambuco-Alagoas complex, Borborema Province, NE Brazil: Nd isotopic data from Neoproterozoic granitoids. *Gondwana Research*, 5: 409-422.
- Silva Filho, A. F., Guimarães, I.P., Santos, E. 2002. Evidências da acresção crustal à magem do Cráton São Francisco durante o Meso-Neoproterozóico. *In:* Congresso Brasileiro Geologia, João Pessoa, 51°, p.340.

Silva Filho, M. A & Torres, H.H.F. 2002. A Margem Norte do Sistema Sergipano: Uma Nova Visão. *In*: Congresso Brasileiro Geologia, João Pessoa, 51°, *Anais*, p.342.

11

- Smith, P.E., Farquhar, R.M., Hancock, R.G. 1991. Direct radiometric age determination of carbonate diagenesis using U-Pb in secondary calcite. *Earth Planet. Sci, Lett.*, 105:474-491.
- Steiger, R.H. & Jäger, E. 1977. Subcommission on Geocronology: convention on the use of decay constants in geo- and cosmochronology. *Eath Planet. Sci, Lett.*, **36**: 359-362.
- Storey, M., Kent, R. W., Saunders, Salters. V. J., Hergt, J., Whitechurch, H., Sevigny, J.H., Thirlwall, M.F., Leat, P., Ghose, N.C., Gifford, M. 1992. Lower cretaceous volcanic rocks on continental margins and their relationship to the Kerguelen Plateau. Proceedings of the Ocean Drilling Program. *Scientific Results*. 120: 33-53.
- Stowe, C.W. 1994. Compositions and tectonic settings of chromite deposits through time. Economic Geology, 89:528-546.
- Streckeisen, A. 1967. Classification and nomenclature of igneous rocks. Final report of an inquiry. Neues Jonrbuch für Mineralogie Abhandlungen, 107:144-204.
- Sun, S.S. & McDonough, W.F. 1989. Chemical and isotopic systematics of oceanic basalts: implications foe mantle composition and process. Magmatism Oceanic in ocean basins. Geol. Soc. London. Spec. Pub. 42:313-345.
- Taylor, S. T. & McLennan, S. M. 1985. The composition crust: its composition and evolution. Blackwell, Oxford, 312 pp.
- Tatsumi, Y & Eggins, S. 1995. Subduction zone magmatism. Oxford, UK. Blackewell Sci. Publ.
- Torres, H.H.F., Oliveira, R.G., Figueiroa, I. 1994. Endentação tectônica da extremidade norte do Cráton São Francisco na Faixa Riacho do Pontal. *In*: SBG Congresso Brasileiro de Geologia, 38. Balneário de Camburiú. Boletim de Resumos Expandidos, p. 1222-1223.

Trompette, R. 1994. Geology of Western Gondwana. A. Balkema, Amsterdam, 350 pp.

- Van Schmus, W.R., Brito Neves, B.B., Hackspacher, P., Babinski, M. 1995. U/Pb and Sm/Nd geochronologic studies of the eastern Borborema province, NE Brazil: Initial conclusions. Journal of South American Earth Sciences, 8: 267-288.
- Wang, P. & Glover, I.L. 1992. A tectonic test of the most commonly used geochemical discriminant diagrams and patterns. *Earth Sci. Reviews*, 33: 111-131.

- Wernick, E. 2000. Arc-related rapakivi granites from the Ribeira Fold Belt, SE Brazil. Revista brasileira de Geociências, 30: 20-24.
- Whalen, J.B., Currie, K.L., Chappell, B.W. 1987. A-type granites: geochemical characteristics, discrimination and petrogenesis. Contributions to Mineralogy and Petrology, 95:407-418.
- White, A.J.R. 1979. Sources of granite magmas. *Geological Society of America*. Abstract with Programs 11, p. 539.
- White, A.J.R. & Chappell, B. W. (1983). Granitoid types and their distribution in the Lachlan Fold Belt, southeastern Australia. In: Roddick, J. A. (ed.) Circum-Pacific Plutonic Terranes. Geological Society America Memoir, 159: 21-34.
- White, R.S., Spence, G.D., Fowler, S.R., Mckenzie, D.P., Westbrook, G.K., Bowen, A.N. 1987. Magmatism at rifted continental margins. *Nature*, **330**: 439-444.

White, R.S. & McKenzie, D.P. 1989. Magmatism at rift zones. Journal of Geophysical Research, 94: 1933-1944.

Wilson, M. 1989. Igneus Petrogenesis. Unwin Hyman, London, 466pp.

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

Windley, B. F. 1995. The envolving Continents 3rd Ed., New York, J. Wiley.

- Woodhead, J.D., Eggins, S.M., Johnson R.W. 1998. Magma genesis in the New Britain island arc: Further insights into melting and mass transfer processes. *Journal Petrology*, **39**: 1641-1668.
- Yardley, B.W.D. 1989. An introdution to metamorphic petrology. New York. Longman Scientific & Technical. 248 pp.
- Young, G. 1995. Are Neoproterozoic glacial deposits preserved on the margins of Laurentia related to the fragmentation of two supercontinents? *Geology*, **23**(2):97-192.