



UNIVERSIDADE DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO

CENTRO DE TECNOLOGIA E CIÊNCIAS

FACULDADE DE GEOLOGIA

Thiago Dutra dos Santos

**Petrogênese dos basaltos de baixo-TiO₂ do Enxame de Diques
da Serra do Mar na Região dos Lagos, RJ.**

Rio de Janeiro
2006

Thiago Dutra dos Santos

Petrogênese dos basaltos de baixo-TiO₂ do Enxame de Diques da Serra do Mar na Região dos Lagos, RJ.

Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do título de Mestre, ao Programa de Pós-Graduação em Análise de Bacias e Faixas Móveis da Universidade do Estado do Rio de Janeiro.

Orientador: Prof^a Dr^a Beatriz Paschoal Duarte

Rio de Janeiro
2006

CATALOGAÇÃO NA FONTE
UERJ/REDE SIRIUS/BIBLIOTECA CTC/C

S237 Santos, Thiago Dutra dos.
Petrogênese dos basaltos de baixo-TiO₂ do enxame de diques da Serra do Mar na Região dos Lagos, RJ / Thiago Dutra dos Santos. – 2006.
111 f. : il.

Orientador: Beatriz Paschoal Duarte.
Dissertação (mestrado) – Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Faculdade de Geologia.
Bibliografia: f.97-111

1. Geologia – Rio de Janeiro (Estado) – Teses. 2. Petrogênese – Basaltos – Mar, Serra do - Teses. I. Duarte, Beatriz Paschoal. II. Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Faculdade de Geologia. III. Título.

CDU 552.11(815.3)

Thiago Dutra dos Santos

Petrogênese dos basaltos de baixo-TiO₂ do Enxame de Diques da Serra do Mar na Região dos Lagos, RJ.

Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do título de Mestre, ao Programa de Pós-Graduação em Análise de Bacias e Faixas Móveis da Universidade do Estado do Rio de Janeiro.

Aprovado em:

Banca Examinadora:

Prof^a. Dr^a. Beatriz Paschoal Duarte (Orientadora)
Faculdade de Geologia da UERJ

Prof^a. Dr^a. Cláudia Sayão Valladares
Faculdade de Geologia da UERJ

:

Prof. Dr. Márcio Pimentel
Departamento de Geologia Geral e Aplicada da UnB

Rio de Janeiro
2006

Dedicatória

*Dedico esta dissertação ao meu avó Inácio (in memoriam)
(Pequenos homens constróem grandes coisas
e grandes coisas são para sempre)!*

Agradecimentos

Gostaria de agradecer, em primeiro lugar a minha mãe Neuza, que me deu suporte integral durante toda minha vida e que sempre apoiou minhas escolhas. Outra parte fundamental de mim, e a quem gostaria de agradecer especialmente é minha irmã, Thaísa que desde o primeiro dia de nossas vidas, e então desde sempre, me inspirou confiança e determinação e nunca me deixou fraquejar e nem desistir dos meus ideais. Minha vó Neuza me deu amor incondicional e por ela nutro uma grande admiração. Agradeço ao meu grande avó Inácio, foi a pessoa que me ensinou minhas primeiras lições na vida e nelas eu me baseio ainda hoje. Também gostaria de agradecer, ainda que não haja uma grande cumplicidade, ao meu pai Sérgio, por ter me ensinado uma única coisa, sempre faça bem feito para nunca precisar fazer de novo. Um agradecimento especial a minha noiva Erica. Agradeço aos meus padrinhos, Inácio e Nilda e as minhas primas Hellen e Giselen, todos por terem confiado e me dado amor e carinho nos dias difíceis.

Agradeço a todos os amigos, em especial aos de infância: Rafael II, Rodrigo Taioba, Rodrigo Tirulipa, Thot (grande amigo), Vinícius, Henrique, Rafael I e outros que fizeram e ainda fazem parte de um grande time de amigos. Agradeço com grande estima aos grandes amigos da geologia da UFRuralRJ: Gilliatt, Júlio, Katiane, Gilmar, Luciana, Digo Bello, Maíra, Marcelo, Theodor, Escadinha, Fábio. Em especial a Lílian, que hoje se faz mais do que uma amiga, ao meu afilhado Matheus e ao Fábio, uma família feliz.

Agradeço aos amigos que tornaram esta dissertação mais fácil. Agradecimento em especial a Artur Corval, sem ele fazer esta dissertação seria muito mais complicado; a Michele Arena, sempre, por ter ajudado intensamente nas descrições e em tudo mais; a Richard Saraiva, pela grande ajuda com a formatação dos dados e pelos momentos de descontração, ao LeoCad, pela digitação do mapa de campo, as estagiárias Natália Famelli e Juliana Vinha, por tornar os campos mais divertidos e ao apoio dado no gabinete.

Em especial gostaria de agradecer aos orientadores Beatriz Paschoal Duarte, por ter apoiado e orientado com afinco esta dissertação e Sérgio Valente, por tudo, desde a orientação até conselhos pessoais, por se mostrar uma pessoa de postura e grande dignidade, capaz de interromper os sábados em família para que esta dissertação pudesse ser concluída. Agradeço também à equipe técnica do LGPA-UERJ e do LGA-UFRuralRJ.

Em geral, gostaria de agradecer as pessoas que cruzaram nossos caminhos durante nossa vida e que fizeram de um jeito ou de outro algo memorável e digno de ser lembrado. De uma forma ou de outra existe um pedacinho de cada um nesta dissertação, seja na escrita ou no pensamento.

De coração, mais uma vez obrigado.

Resumo

Diques de basaltos toleíticos de baixo-TiO₂ ocorrem na porção oriental do Enxame de Diques da Serra do Mar, na Região dos Lagos, entre Niterói e Búzios. Eles têm direções, preferencialmente, NE-SW, subordinadamente, NNE-SSW e mais raramente, NW-SE, e formas intrusivas variáveis. Os basaltos são holocristalinos a hipocristalinos, inequigranulares a equigranulares, intergranulares e intersertais. Eles são constituídos essencialmente de plagioclásio, augita e/ou pigeonita, com olivina corroída, minerais opacos e apatita como minerais acessórios e biotita, bowlingita, idingisita, uralita e saussurita como minerais secundários. A assembléia de fenocristais destas rochas foi estimada em 15% de olivina, 40% de augita e 45% de plagioclásio. As rochas inserem-se numa série basáltica subalcalina de afinidade toleítica de baixo-TiO₂ pouco expandida (MgO= 8,13-5,91%peso), não tendo sido encontradas amostras representativas de líquidos basálticos primários. Esta suíte predominante foi denominada Suíte Costa Azul. No entanto, os dados litogeoquímicos apontam para a existência de mais que uma suíte de baixo-TiO₂ na área de estudo que, segundo modelos de fusão parcial em equilíbrio modal, poderiam ter sido geradas por diferentes quantidades de fusão a partir de uma mesma fonte com granada residual. Em termos regionais, a suíte Costa Azul pode ser relacionada com a Suíte Esmeralda que ocorre na subprovíncia Sul de Paraná-Etendeka, muito embora abrangendo um espectro mais amplo de razões Ti/Y. As rochas da suíte Costa Azul evoluíram por 42% de cristalização fracionada envolvendo uma assembléia de fenocristais composta por 15% de olivina, 40% de augita e 45% de plagioclásio, sem mudança de assembléia fracionante. Misturas de componentes mantélicos empobrecidos (mínimo de 72% de D-MORB) e enriquecidos (máximo de 28% de manto litosférico subcontinental) estão associadas à petrogênese desta suíte. Misturas entre componentes do tipo pluma e litosféricos não conseguem explicar as composições parentais da suíte. Os modelos petrogenéticos permitiram a proposição de um modelo geodinâmico envolvendo delaminação do manto litosférico subcontinental englobado por células convectivas ascendentes do manto sublitosférico subjacente em níveis astenosféricos pouco profundos durante um estágio avançado de rifteamento do supercontinente Gondwana.

Palavras-chave: Basaltos toleíticos. Modelos de cristalização fracionada. Fusão parcial. Mistura de fontes. Modelos geodinâmicos.

Abstract

Low-TiO₂, tholeiitic basalt dykes occur eastwards the Serra do Mar Dyke Swarm within the Região dos Lagos from Niterói up to Búzios city. The dykes strike preferentially NE-SW bearing variable intrusive structures. The basalts are holo- to hypocristaline, equigranular to inequigranular rocks with mostly intergranular and intersertal textures. They are composed mostly by plagioclase, augite and/or pigeonite and have corroded olivine, opaque minerals and apatite as accessory phases. Secondary minerals are represented by biotite, bowlingite, iddingsite, urallite and saussurite. The phenocrysts assemblage comprise 15% olivine, 40% augite and 45% plagioclase. The rocks comprise a low-TiO₂, subalkaline, tholeiitic basaltic suite hereafter called the Costa Azul suite. Nevertheless, lithochemical data point to the existence of more than one low-TiO₂ suite in the study area. Geochemical modelling has shown that these suites can be related by different degrees of partial melting from a similar mantle source with residual garnet. The Costa Azul suite can be related with the Esmeralda low-TiO₂ basaltic suite within the Paraná-Etendeka CFB province due south Brazil although comprising a wider Ti/Y ratio range. The rocks of the Costa Azul suite evolved by 42% of fractional crystallisation involving a phenocryst assemblage with 15% of olivine, 40% augite and 45% plagioclase. Binary mixing modelling point to at least 72% of a D-MORB component and 28% of a subcontinental lithospheric mantle (SCLM) component in the petrogeneses of the Costa Azul basalts. Models involving mixing between plume-like asthenospheric and SCLM components cannot explain the geochemistry of parental liquids in the Costa Azul suite. A geodynamic model involving continental lithosphere delamination and entrainment by ascending convection cells from the underlying asthenospheric depleted mantle during an advanced stage of Gondwana rifting is depicted on the basis of the petrogenetic models proposed for the Costa Azul suite.

Keywords: Tholeiitic basalts. Fractional crystallization. Partial melting. Mixture of sources. Geodynamic models.

LISTA DE FIGURAS E TABELAS

FIGURAS

Figura 1.1: (a) Mapa de localização do Orógeno Ribeira (b) Mapa de localização do Enxame de Diques da Serra do Mar, com delimitação da área de estudo da presente dissertação (retângulo vermelho).

6

Figura 2.1: Mapa geológico simplificado do Orógeno Ribeira. Legenda: (1) Sedimentos Quaternários; (2) Sedimentos Terciários; (3) Rochas alcalinas do Cretáceo/Terciário; (4) Granitóides Brasileiros sin- a pós-colisionais (4-9): 4) Biotita granitos pós-colisionais (510-480 M.a, G₅), 5) Granitos contemporâneos às zonas de cisalhamento D₃ (535-520 M.a, G₄), 6) Granitos e charnoquitos tardi-colisionais (ca. 560 M.a, G₃), 7) Granitos porfiróides sin-colisionais (590-560 M.a), 8) Leucogranitos e charnoquitos do tipo S ou híbridos sin-colisional (ca. 580 M.a, G₂); Granitóides com idades indeterminadas (9-10) 9) Hornblenda granito gnaiss, 10) Suítes Anta e São Primo; (11) Arco Magmático Rio Negro (790-620 Ma.); Terreno Ocidental (12-17): Megasseqüência Andrelândia (12-14): 12) Seqüência Rio do Turvo em *facies* granulito de alta pressão, 13) Seqüência Rio do Turvo, 14) Seqüência Carrancas; 15) Complexo Mantiqueira, 16) Fácies distais da Megasseqüência Andrelândia no Domínio Juiz de Fora, 17) Complexo Juiz de Fora, 18) Complexo Embu Indiviso; Terreno Paraíba do Sul (19-20): 19) Grupo Paraíba do Sul, 20) Complexo Quirino; Terreno Oriental (21-22): 21) Sucessão metassedimentar Italva, 22) Sucessão metassedimentar Costeiro; Terreno Cabo Frio (23-24): 23) Sucessão Búzios e Palmital, 24) Complexo Região dos Lagos (retirado de Heilbron *et al.*, 2004).

8

Figura 2.2: Mapa geológico simplificado da Bacia do Paraná (Bellieni *et al.*, 1986; Nardy *et al.*, 2001): (1) embasamento cristalino; (2) sedimentos pré-vulcânicos (principalmente paleozóicos); (3) rocha vulcânicas básicas a intermediárias da Província Ígnea Paraná-Etendeka (Brasil); (4) rochas ácidas do tipo Palmas da Província Magmática do Paraná; (5) Rochas ácidas do tipo Chapecó da Província Magmática do Paraná; (6) Enxame de diques do Arco de Ponta Grossa e da Serra do Mar; (7) sedimentos pós-vulcânicos (principalmente do Cretáceo Inferior (adaptado de Marques & Ernesto, 2004).

14

Figura 3.1: Diagramas de rosetas exibindo os principais *trends* estruturais dos diques do Enxame de Diques da Serra do Mar. (a)- *trends* gerais do enxame; (b) - *trends* da região entre Niterói

| | |
|--|----|
| e Cabo Frio; (c) - <i>trends</i> da suíte de alto-TiO ₂ do enxame; (d) - <i>trends</i> da suíte de baixo-TiO ₂ do enxame. | 35 |
| Figura 3.2: Dique com xenólitos métricos da rocha encaixante, alguns mostrando possíveis processos de assimilação, localizado na Praia de Geribá em Búzios (Sem ponto). | 37 |
| Figura 3.3: Dique com margem resfriada (<i>chilled margin</i>) de aproximadamente 11 cm em Saquarema, RJ (Ponto AR-TD-04). | 37 |
| Figura 3.4: Crescimento de calcita e pirita em estrias que denotam componente transcorrente dextral. Pedreira Litorânea, São Pedro d'Aldeia (Ponto CF-TD-13). | 38 |
| Figura 3.5: Forma intrusiva típica dos diques aflorantes na área de estudo. Praia das Conchas, em Búzios (Ponto FC-TD-01). | 39 |
| Figura 3.6: Forma intrusiva bifurcada de dique na Praia das Conchas, em Búzios (Ponto FC-TD-01). | 39 |
| Figura 3.7 Forma de intrusão do dique exibindo um padrão escalonado (<i>en échelon</i>). Neste padrão a direção da extensão é normal aos segmentos indicando uma rotação do campo de <i>stress</i> regional. As setas indicam a direção da extensão normal. Ponto AR-TD-04. | 40 |
| Figura 3.8: Textura intergranular, onde grãos de augita anédricos (seta) ocupam os interstícios de grãos de plagioclásio subédricos. Lâmina SQ-TD-01b. Nicóis cruzados. | 41 |
| Figura 3.9: Textura intersetal, onde vidro vulcânico alterado (cor de interferência marrom) encontra-se nos interstícios de grãos de plagioclásio. Lâmina SQ-TD-01e. Nicóis cruzados. | 42 |
| Figura 3.10: Textura glomeroporfirítica, dada pelo agrupamento dos fenocristais de plagioclásio. Lâmina AR-TD-04a. Nicóis cruzados. | 42 |
| Figura 3.11: Textura subofítica com inclusão parcial de grãos de plagioclásio, preferencialmente colunares subédricos a euédricos, em cristais de augita. Lâmina CF-TD-06b. Nicóis cruzados. O retângulo amarelo mostra a augita subofítica. | 43 |
| Figura 3.12: Grãos de plagioclásio subédricos a euédricos apresentando zonamento composicional. Lâmina CF-TD-04. Nicóis cruzados. | 44 |
| Figura 3.13: Fenocristal de augita subédrica com zonamento composicional. Presença de uralita nas bordas. Lâmina CF-TD-03a. Nicóis paralelos. | 45 |

| | |
|--|----|
| Figura 3.14: Fenocristal de olivina euédrica exibindo minerais de alteração nas fraturas (bowlingita e idingisita). Lâmina CF-TD-03e. Nicóis paralelos. | 45 |
| Figura 3.15: Grãos de minerais opacos anédricos mostrando crescimento <i>subsolidus</i> . Lâmina CF-TD-02a. Nicóis paralelos. | 46 |
| Figura 3.16: Xenocristal de plagioclásio subédrico corroído mostrando geminação simples, incomum nos fenocristais de plagioclásio destas rochas. Lâmina CF-TD-02e. Nicóis paralelos. | 47 |
| Figura 3.17: Diagrama TAS (Total de Álcalis <i>versus</i> Sílica) de discriminação de séries (Irvine & Baragar, 1971) para os diabásios estudados. Dados recalculados para 100% em base anídrica. | 51 |
| Figura 3.18: Diagrama AFM de discriminação de séries toleítica e calcialcalina (Irvine & Baragar, 1971) para os diabásios estudados. A = Na ₂ O + K ₂ O; F = Fe ₂ O ₃ ^t ; M = MgO (em %peso). Dados recalculados para 100% em base anídrica. | 51 |
| Figura 3.19: Diagrama de classificação de rochas (LeMaitre, 1989) para as amostras estudadas. Dados recalculados para 100% em base anídrica. | 53 |
| Figura 3.20: Diagramas de classificação de rochas para as amostras estudadas (Winchester & Floyd, 1977). (a) - Nb/Y <i>versus</i> Zr/TiO ₂ ; (b) - Zr/TiO ₂ <i>versus</i> SiO ₂ . | 54 |
| Figura 4.1: Diagramas de variação para MgO para elementos maiores discriminantes de processos evolutivos para a suíte de baixo-TiO ₂ da área estudada. As curvas lineares e polinomiais, suas respectivas equações e quadrados dos coeficientes de correlação (R ²) são mostrados no diagrama. | 58 |
| Figura 4.2: Diagramas de variação para MgO para elementos traços discriminantes de processos evolutivos para a suíte de baixo-TiO ₂ da área estudada. As curvas lineares e polinomiais, suas respectivas equações e quadrados dos coeficientes de correlação (R ²) são mostrados no diagrama. | 59 |
| Figura 4.3: Concentrações de elementos traços da amostra parental CF-TD-14b da suíte de baixo-TiO ₂ da área de estudo plotadas num diagrama de variação multi-elementar normalizado para condrito (Thompson, 1982; Sun, 1980 e Hawkesworth <i>et al.</i> , 1984). | 65 |
| Figura 4.4: Concentrações de elementos traços da amostra parental CF-TD-14b da suíte de baixo-TiO ₂ da área de estudo | |

plotadas num diagrama de elementos terras-raras normalizado para condrito (**Nakamura, 1974 e Haskin et al., 1968**). 66

Figura 4.5: Diagrama de elementos traços móveis e imóveis normalizado para condrito com o resultado do modelo de cristalização fracionada para os basaltos da suíte de baixo-TiO₂ estudada. O elemento Ta não foi considerado na modelagem devido a possíveis processos de contaminação durante a preparação das amostras (**Anexo III**). 67

Figura 4.6: Diagrama mostrando os testes de modelos de fusão parcial em equilíbrio modal para discriminação das fontes das suítes de baixo-TiO₂ do enxame na área. O retângulo vermelho delimita o intervalo de F gerador de magmas basálticos toleíticos (**Mysen & Kushiro, 1977; Jacques & Green, 1980**). F= a quantidade de fusão parcial. 73

Figura 4.7: Diagrama La/Nb versus La/Yb discriminante das suítes de baixo-TiO₂ (Serrana e Búzios) do Enxame de Diques da Serra do Mar, baseado em razões de elementos traços incompatíveis imóveis (**Monteiro & Valente, 2003**) com as amostras estudadas nesta dissertação. * Amostras retiradas de **Tetzner, 2002**. ** Amostras retiradas de **Ludka, 1997; Corval, 2005**. O campo da suíte Costa Azul inclui 21 amostras analisadas nesta dissertação e 9 amostras da suíte Búzios. 75

Figura 4.8: Diagrama Ti/Y versus Ti/Zr discriminante das suítes de baixo-TiO₂ (Esmeralda e Gramado) da Província Magmática Paraná-Etendeka, baseado em razões de elementos traços incompatíveis imóveis (**Hergt et al., 1991; Peate et al., 1997**) com as amostras estudadas nesta dissertação. 76

Figura 5.1: Diagrama de variação normalizado para o padrão de **Thompson (1982), Sun (1980) e Hawkesworth et al., (1984)**, onde é plotada a amostra parental da suíte de baixo-TiO₂ da área de estudo (CF-TD-14b) e amostras representativas de componentes do tipo pluma (TDC58P-Tristão da Cunha; **LeRoex et al., 1990** e G111-Gough; **Sun & McDonough, 1989**) e do tipo empobrecido (D-MORB; **Salters & Stracke, 2004**). 80

Figura 5.2: Diagrama de variação normalizado para o padrão de **Thompson (1982), Sun (1980) e Hawkesworth et al., (1984)**, onde é plotada a amostra parental da suíte de baixo-TiO₂ da área de estudo (CF-TD-14b), os exemplos de lamprófiros de alto-TiO₂ e baixo-TiO₂ da série alcalina do Enxame de Diques da Serra do Mar (**Valente, 1997**), um lamprófiro de alto-TiO₂ (CF-TD-03e) coletado na área de estudo, e um representante dos basaltos de cordilheiras oceânicas (D-MORB; **Salters & Stracke, 2004**). 80

Figura 5.3: Diagrama La/Yb versus La/Nb com resultados do modelo binário entre um componente empobrecido (D-MORB; **Salters & Stracke, 2004**) e fértil (G111-Gough; **Sun & McDonough, 1989**). A amostra parental da suíte de baixo-TiO₂ da área de estudo (CF-TD-14b) aparece plotada no diagrama. Os intervalos de mistura (losangos) a 10% de *f*. 83

Figura 5.4: Diagrama normalizado mostrando os testes de modelos binários para mistura de fontes do tipo empobrecida (D-MORB) e enriquecida (MLSC_{modelo}) onde é plotada a amostra parental da suíte de baixo-TiO₂ da área de estudo (CF-TD-14b), bem como, os valores de *f*=88%, 80% e 72% do componente do tipo D-MORB na mistura. 88

Figura 5.5: Bloco diagrama mostrando o modelo geodinâmico de geração dos diabásios de baixo-TiO₂ que ocorrem na área de estudo. 91

TABELAS

Tabela 2.1: Valores das razões isotópicas de ⁸⁷Sr/⁸⁶Sr (Sr_i); ¹⁴³Nd/¹⁴⁴Nd (Nd_m) e Pb ²⁰⁶Pb/²⁰⁴Pb_m; ²⁰⁷Pb/²⁰⁴Pb_m; ²⁰⁸Pb/²⁰⁴Pb_m para cada suíte discriminada (**Cordani et al., 1988; Piccirillo et al., 1989; Peate & Hakesworth, 1996; Mantovani et al., 1985^a; Petrini et al., 1987; Marques et al., 1999**). 17

Tabela 2.2: Valores das razões entre elementos traços incompatíveis e TiO₂ (em%peso) usados como índices discriminantes das suítes de baixo-TiO₂ e alto-TiO₂ para a Província basáltica Paraná-Etendeka (**Peate, 1997, 1999**). 18

Tabela 2.3: Tabela de dados de fusão parcial do sistema peridotítico sob condições de pressões de 20 Kbar e 35 Kbar (**Mysen & Kushiro, 1977**). Minerais normativos CIPW: Ne=nefelina, Ol=olivina, Hy=hiperstênio. Minerais da moda: Ol=olivina, Opx=ortopiroxênio, Cpx=clinopiroxênio, Esp=espinélio, Gr=granada. 30

Tabela 2.4: Tabela de dados de fusão parcial do sistema peridotítico (pirólito) sob condições de pressões e temperaturas variadas (**Green & Ringwood, 1967**). %FP=quantidade de fusão parcial, Ol=olivina, Qz=quartzo, Pg=plagioclásio, Px=piroxênio, Gr=granada, Al=alumínio. 31

Tabela 2.5: Tabela de dados de fusão parcial do sistema peridotítico sob condições hidratadas (**Kushiro, 1972**).

PH₂O=pressão parcial de água; P_T=pressão total, %FP=quantidade de fusão parcial, Ne=nefelina normativa. 32

Tabela 2.6: Tabela de dados de fusão parcial do sistema peridotítico sob condições hidratadas a altas pressões (**Kushiro, 1972**). PH₂O=pressão parcial de água; %FP=quantidade de fusão parcial, Ol=olivina, Gr=granada. 33

Tabela 3.1: Valores máximos, mínimos, médias, desvios-padrão e coeficientes de variação de óxidos e elementos dos diabásios do EDSM (Fe₂O₃^t é ferro total sob a forma de ferro férrico; LOI é a perda ao fogo e n é o número de amostras). 49

Tabela 3.2: Valores das amostras estudadas, bem como os valores de máximos, mínimos, médias e desvios-padrão da norma CIPW. Todos os valores são expressos em %peso. Os minerais normativos são os seguintes: Q=quartzo, Hy=hiperstênio, Ol=olivina, Ne=nefelina, Or=ortoclásio, Ab=albita, An=anortita, Di=diopísídeo, Mt=magnetita, Il=ilmenita e Ap=apatita. 52

Tabela 3.3: Relação de amostras de diabásio estudadas discriminadas em suítes de baixo-TiO₂ segundo os critérios de **Bellieni et al., 1983; Hergt et al., 1991**. 55

Tabela 4.1 – Valores dos quadrados de coeficientes de correlação de Pearson (R²) e níveis de significância (NS) para os basaltos de baixo-TiO₂ da área estudada. (R²)_L= coeficiente de correlação linear, (R²)_P= coeficiente de correlação polinomial, NS_L= nível de significância para a correlação linear, NS_P= nível de significância para a correlação polinomial e n = número de amostras. Valores de NS<95% indicam dispersão. 60

Tabela 4.2: Variação da razão entre elementos traços incompatíveis imóveis na suíte de baixo-TiO₂ da área de estudo. 62

Tabela 4.3: Variação da razão entre elementos traços incompatíveis imóveis dentro da suíte de baixo-TiO₂ e suas respectivas concentrações de MgO em % de peso. 63

Tabela 4.4: Critérios geoquímicos para a discriminação de três tipos fundamentais de fontes geradoras de magmas basálticos. 65

Tabela 4.5: Concentrações normalizadas dos elementos traços incompatíveis no líquido mais evoluído modelo (C_L^{Modelo}_(N)) e no líquido mais evoluído medido (C_L^{Medido}_(N)) (amostra CF-TD-03a). %C_{L(N)} é a diferença, em porcentagem, do C_L^{Modelo}_(N) e C_L^{Medido}_(N). 68

Tabela 5.1 – Amostras utilizadas na modelagem binária de fontes, bem como suas respectivas concentrações de MgO (%peso) e o tipo de rocha. **81**

Tabela 5.2 – Concentrações normalizadas para o padrão de **Thompson, (1982)** dos elementos traços incompatíveis utilizados na modelagem binária para misturas de fontes. Os componentes são aqueles listados na **Tabela 5.1**. **81**

Tabela 5.3: Composição do manto litosférico subcontinental local modelo normalizada para o padrão de **Thompson et al., 1982**. Valores normalizados das razões La/Yb e La/Nb também são indicados na tabela. **87**

SUMÁRIO

Capítulo 1: Introdução

| | |
|----------------------------------|---|
| 1.1 Introdução | 2 |
| 1.2 Objetivos | 2 |
| 1.3 Justificativa | 3 |
| 1.4 Métodos de trabalho | 4 |
| 1.5 Localização e vias de acesso | 5 |

Capítulo 2: Revisão temática

| | |
|--|----|
| 2.1 Modelos geodinâmicos para o segmento central do Orógeno Ribeira | 7 |
| 2.2 Modelos geodinâmicos para a reativação da porção meridional da Plataforma Sul-Americana no Cretáceo Inferior | 12 |
| 2.3 Províncias basálticas continentais Cretáceas da porção meridional da Plataforma Sul-Americana: Paraná-Etendeka, bacias de rifte e o Enxame de Diques de Ponta Grossa | 15 |
| 2.4 Petrogênese basáltica toleítica e implicações geodinâmicas | 26 |

Capítulo 3: Dados de campo, petrografia e litogeoquímica

| | |
|--------------------|----|
| 3.1 Introdução | 34 |
| 3.2 Dados de campo | 35 |
| 3.3 Petrografia | 40 |
| 3.4 Litogeoquímica | 47 |

Capítulo 4: Petrogênese da suíte de baixo-TiO₂

| | |
|--|----|
| 4.1 Introdução | 57 |
| 4.2 Processos evolutivos e discriminação de fontes | 57 |
| 4.3 Modelagem geoquímica do processo de cristalização fracionada | 66 |
| 4.4 Modelagem geoquímica do processo de fusão parcial: Quantas fontes? | 70 |
| 4.5 Comparações regionais | 74 |
| 4.6 Conclusões | 77 |

Capítulo 5: Modelos geodinâmicos

| | |
|---|----|
| 5.1 Introdução | 78 |
| 5.2 Modelos binários para mistura de fontes | 78 |
| 5.3 Proposição de um modelo geodinâmico | 88 |
| 5.4 Conclusões | 91 |

Capítulo 6: Considerações finais

| | |
|----------------|----|
| 6.1 Conclusões | 93 |
|----------------|----|

6.2 Propostas para trabalhos futuros 95

Referências bibliográficas 97

ANEXO I: Mapa geológico do Enxame de Diques da Serra do Mar
na área de estudo

ANEXO II: Dados litogeoquímicos

ANEXO III: Métodos analíticos

ANEXO IV: Análise regressiva