

CAPÍTULO 3: DADOS DE CAMPO, PETROGRAFIA E LITOGEOQUÍMICA

3.1. Introdução

As rochas que integram o Enxame de Diques da Serra do Mar são basaltos toleíticos do Cretáceo Inferior que intrudem, principalmente, os granitóides e gnaisses do segmento central da Faixa Ribeira de idade Neoproterozóica-Siluriana (**Heilbron et al., 2000; Schimtt et al., 2004**). Muito embora o pico do magmatismo toleítico no Cretáceo Inferior tenha sido há c.132Ma (*p.ex.*: $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$, plagioclásio e rocha total; **Turner et al., 1994**), idades mais antigas também foram registradas em diabásios na parte ocidental do enxame com idades variando de $192,9\pm 2,2$ até $133,9\pm 0,5$ Ma (*p.ex.*: $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$, rocha total; **Guedes, 2001**).

Estudos anteriores (*p.ex.*: **Corval, 2005**) discriminaram diabásios de alto-TiO₂ e baixo-TiO₂ no Enxame de Diques da Serra do Mar com base em critérios apresentados na literatura ($2\%\text{peso} < \text{TiO}_2 < 2\%\text{peso}$, $310 < \text{Ti/Y} < 310$; **Bellieni et al., 1984; Hergt et al., 1991**).

Diques basálticos toleíticos da suíte de baixo-TiO₂ do Enxame de Diques da Serra do Mar ocorrem na área de estudo da presente dissertação de mestrado, qual seja, a Região dos Lagos no litoral do Estado do Rio de Janeiro. Eles ocorrem principalmente na área de Búzios (**Tetzner, 2001**) e Cabo Frio, no Terreno Cabo Frio do Orógeno Ribeira (**Heilbron et al., 2004**). Estes diques apresentam orientações bem regulares, segundo a direção NE-SW, sendo comumente verticais. As espessuras desses diques podem variar de centimétricas a métricas, enquanto que suas extensões podem chegar a dezenas de quilômetros. Vale ressaltar que diques de baixo-TiO₂ também ocorrem na região serrana do Estado do Rio de Janeiro (**Ludka, 1997; Monteiro & Valente, 2003**), dentro do assim denominado Domínio Costeiro do Terreno Oriental do Orógeno Ribeira (**Heilbron et al., 2000**). Os diques da região serrana não foram estudados no presente trabalho.

3.2. Dados de campo

Os trabalhos de campo desta dissertação foram feitos na Região dos Lagos, entre Niterói e Cabo Frio, tendo sido descritos 24 diques (**Anexo I**). Os dados de campo de Búzios foram compilados de **Tetzner (2002)**. Em geral, a qualidade dos afloramentos é boa, devido à exposição dos mesmos em costões de praias, cortes de estrada e pedreiras.

Ao se comparar os *trends* dos diques das suítes de alto-TiO₂ e baixo-TiO₂ (**Valente et al., 2005**) é possível concluir que a suíte de baixo-TiO₂ apresenta somente o *trend* preferencial do enxame, qual seja N35-45°E. (**Figura 3.1**).

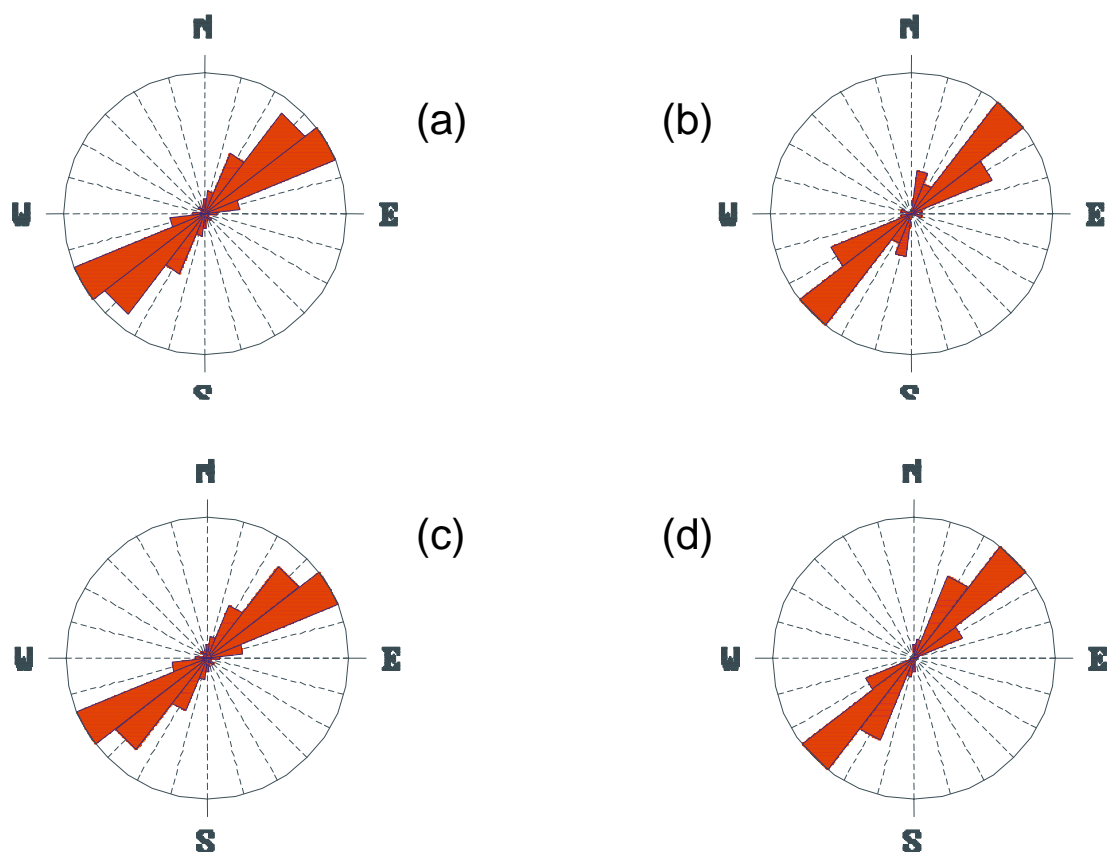


Figura 3.1: Diagramas de rosetas exibindo os principais *trends* estruturais dos diques do Enxame de Diques da Serra do Mar. **(a)**- *trends* gerais do enxame; **(b)** - *trends* da Região dos Lagos, entre Niterói e Cabo Frio; **(c)** - *trends* da suíte de alto-TiO₂ do enxame; **(d)** - *trends* da suíte de baixo-TiO₂ do enxame.

Todavia, a suíte de alto-TiO₂ apresenta, de forma subordinada, a direção NW-SE, além da direção predominante NE-SW. Os diques orientados segundo a direção NW-SE também estão encaixados em estruturas Neoproterozóicas a Cambrianas, possivelmente também reativadas no Cretáceo, sendo, de modo geral, subordinadas às estruturas NE-SW. Estas estruturas NW-SE controlam mudanças bruscas no curso do Rio Paraíba do Sul. Os diques que ocorrem na região de Niterói a Cabo Frio apresentam os três *trends* estruturais do enxame.

A granulometria dos diabásios estudados varia de fina a média, nas bordas dos diques, e fina a grossa em suas porções centrais. Diferentes tipos de apófises, bem como ramificações, pontes e bifurcações podem ser observadas na maioria dos diques. A espessura dos diques encontrados varia de dezenas de centímetros a dezenas de metros (0,40 m a 150,0 m), sendo comumente de 2 a 4 metros. A maioria dos diques apresenta-se diaclasado, possivelmente em resposta a um rápido resfriamento. Estas fraturas ocorrem sub-paralela a paralelamente e ortogonais aos contatos dos diques com as rochas encaixantes. Os corpos mais alterados exibem esfoliação esferoidal.

Gnaisses fortemente bandados a migmatíticos, biotita-gnaisses porfiroblásticos, leucognaisses e granodiorito-gnaisses são as rochas encaixantes dos diques na área de estudo. Vale ressaltar a ocorrência de xenólitos métricos da rocha encaixante, alguns mostrando possíveis processos de assimilação em alguns diques (**Figura 3.2**).

No campo, os diques apresentam coloração caracteristicamente preta-esverdeada, contatos bruscos com as rochas encaixantes, onde, usualmente apresentam bordas de resfriamento (*chilled margins*) caracterizadas por uma granulometria mais fina (**Figura 3.3**).



Figura 3.2: Dique com xenólitos métricos da rocha encaixante, alguns mostrando possíveis processos de assimilação, localizado na Praia de Geribá em Búzios (Próximo ao ponto FC-WT-18; Tetzner, 2002).



Figura 3.3: Dique com margem resfriada (*chilled margin*) de aproximadamente 11 cm em Saquarema, RJ (Ponto AR-TD-04).

Alguns diques têm estrias, denotando um componente transcorrente, usualmente dextral (**Figura 3.4**). Estas estrias são marcadas pelo crescimento de calcita e, mais raramente, pirita estiradas.

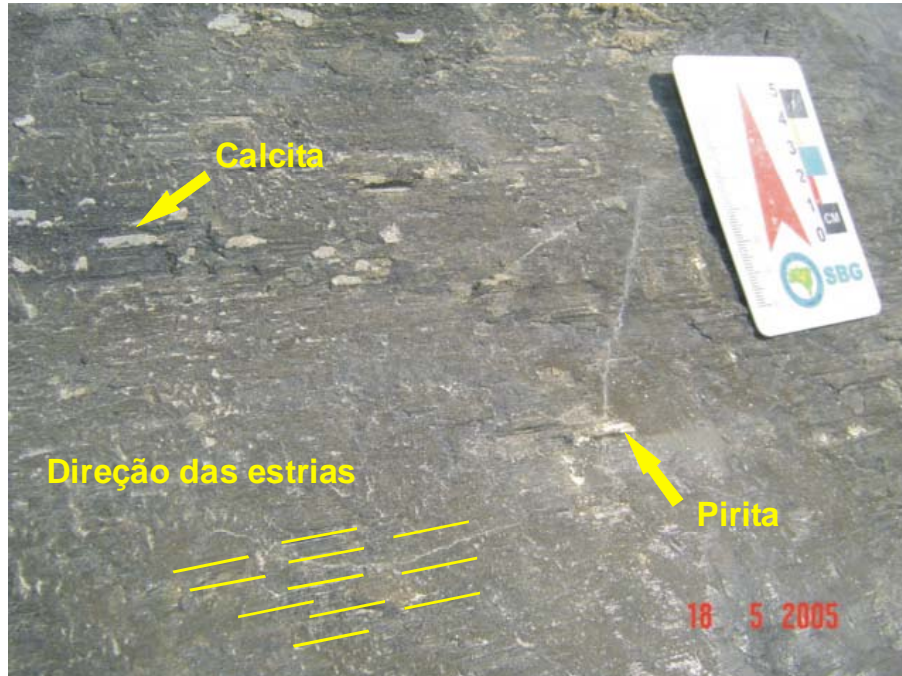


Figura 3.4: Crescimento de calcita e pirita em estrias que denotam componente transcorrente dextral. Pedreira Litorânea, São Pedro d'Aldeia (Ponto CF-TD-13).

A revisão a respeito das formas de intrusão, bem como as diversas informações a respeito da tectônica, das principais estruturas e dos mecanismos de alojamento dos diques basálticos na região foram fundamentalmente feita com base na dissertação de mestrado de **Tetzner (2002)**.

A forma de intrusão destes diques, de modo geral, é retilínea (**Figura 3.5**). No entanto, podem ocorrer diques bifurcados (**Figura 3.6**), sigmoidais, diques em *zig-zag* e escalonados (**Figura 3.7**), degraus, pontes e tocos.



Figura 3.5: Forma intrusiva típica dos diques aflorantes na área de estudo. Praia das Conchas, em Búzios (Ponto FC-TD-01).



Figura 3.6: Forma intrusiva bifurcada de dique na Praia das Conchas, em Búzios (Ponto FC-TD-01).



Figura 3.7: Forma de intrusão do dique exibindo um padrão escalonado (*en échelon*). Neste padrão a direção da extensão é normal aos segmentos indicando uma rotação do campo de *stress* regional. As setas indicam a direção da extensão normal em Saquarema, RJ. (Ponto AR-TD-04).

3.3 Petrografia

Todas as amostras coletadas nos trabalhos de campo relacionados a esta dissertação de mestrado foram laminadas. A análise petrográfica sob microscópio de luz transmitida incluiu aspectos relacionados à constituição mineralógica (assembléia de fenocristais e matriz), texturas e estruturas das rochas estudadas. Esta etapa também serviu à seleção de amostras inalteradas ou parcialmente alteradas para as análises litogeoquímicas. O intervalo granulométrico utilizado na descrição textural foi fino (< 1 mm); médio (1-3 mm) e grosso (> 3 mm). Os critérios petrográficos adotados nesta dissertação foram baseados principalmente em **Deer et al. (1992)** e **MacKenzie (1982)**.

A granulometria das amostras dos diques, em geral, varia de fina a média (<1 a 3 mm). Entretanto, existem amostras que apresentam granulometria variando de média a grossa (1 a > 3 mm), devido ao fato de

terem sido coletadas na parte central de diques mais espessos. De um modo geral, estes basaltos são predominantemente holocristalinos a hipocristalinos, inequigranulares (preferencialmente) a equigranulares (subordinadamente), intergranulares (grãos de clinopiroxênio anédricos nos interstícios de grãos de plagioclásio subédricos) (**Figura 3.8**) e intersertais (**Figura 3.9**) (vidro vulcânico preenchendo os interstícios dos plagioclásios subédricos).

A textura porfirítica foi freqüentemente observada, onde fenocristais de plagioclásio encontravam-se envolvidos por uma matriz predominantemente composta por plagioclásio e piroxênios. Em algumas lâminas observou-se uma textura glomeroporfirítica, dada pelo agrupamento dos fenocristais de plagioclásio e, mais raramente, augita, ambos freqüentemente anédricos demonstrando desequilíbrio cristal-líquido (**Figura 3.10**). Na textura porfirítica, a relação entre os fenocristais e matriz varia de 10/90% a 80/20%; entretanto a relação mais comum é 25/75%.

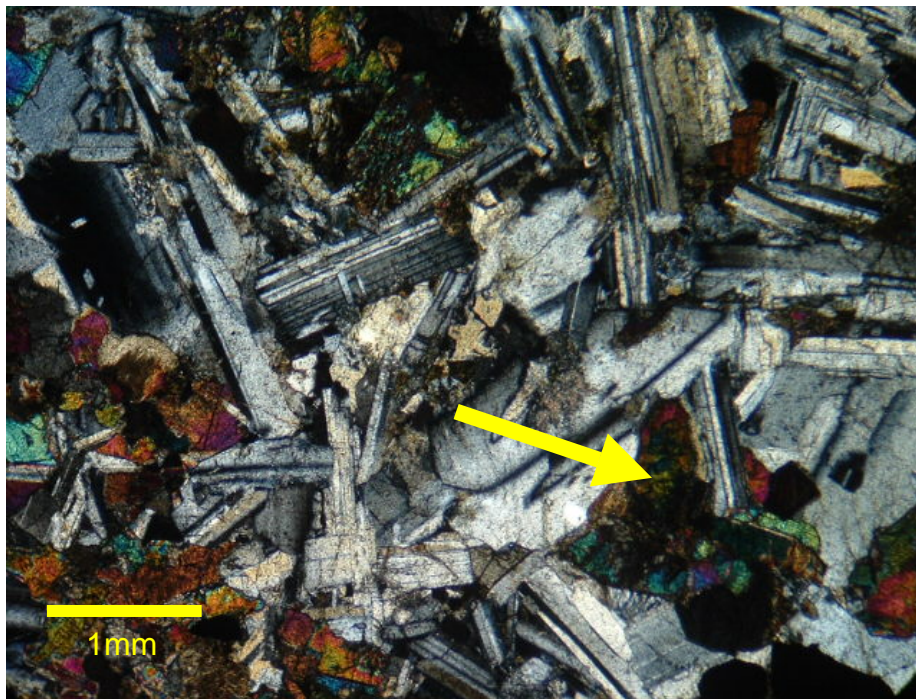


Figura 3.8: Textura intergranular, onde grãos de augita anédricos (seta) ocupam os interstícios de grãos de plagioclásio subédricos. Lâmina SQ-TD-01b. Nicóis cruzados.

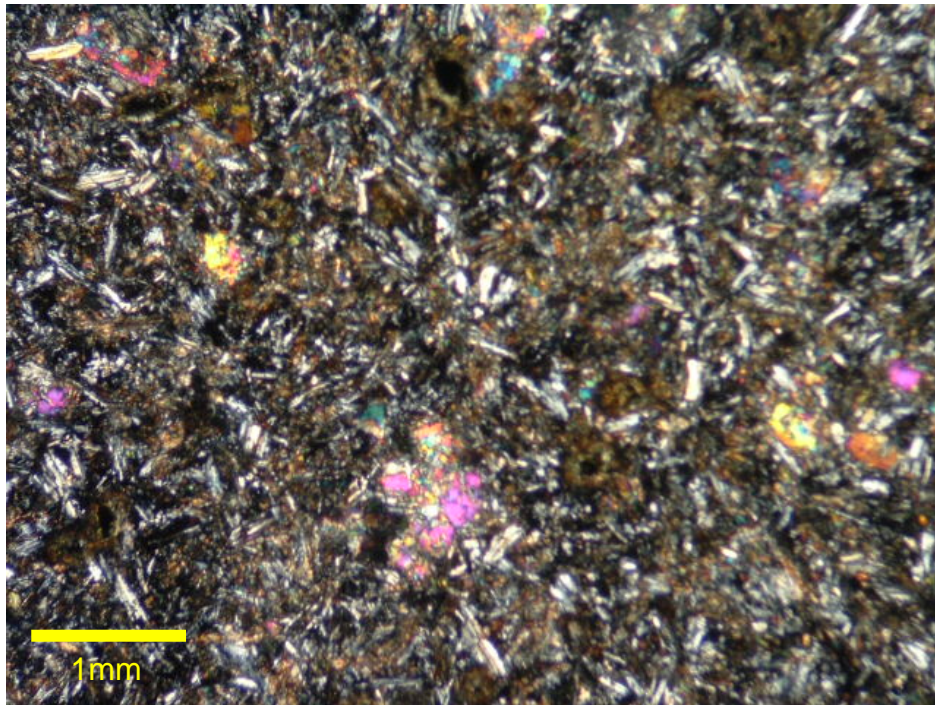


Figura 3.9: Textura intersetal, onde vidro vulcânico alterado (cor de interferência marrom) encontra-se nos interstícios de grãos de plagioclásio. Lâmina SQ-TD-01e. Nicóis cruzados.

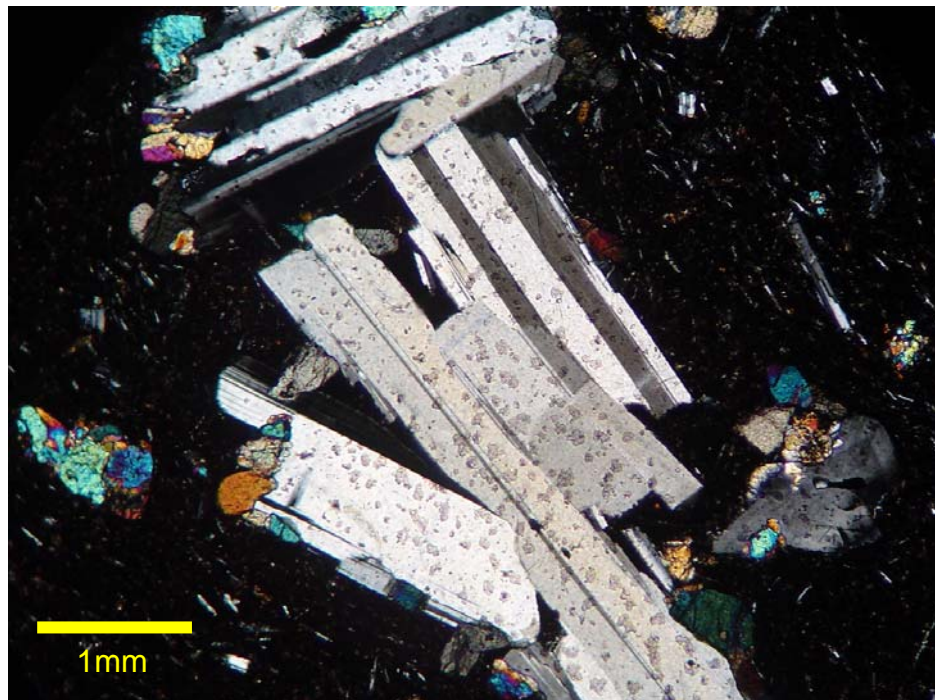


Figura 3.10: Textura glomeroporfirítica, dada pelo agrupamento dos fenocristais de plagioclásio. Lâmina AR-TD-04. Nicóis cruzados.

Texturas poiquilíticas (ofíticas e subofíticas) foram observadas, de forma local, em várias lâminas. Por exemplo, a apatita, em geral, ocorre inclusa em plagioclásio e, mais raramente, em augita e minerais opacos. De forma semelhante, grãos de plagioclásio ocorrem inclusos em clinopiroxênio (**Figura 3.11**).

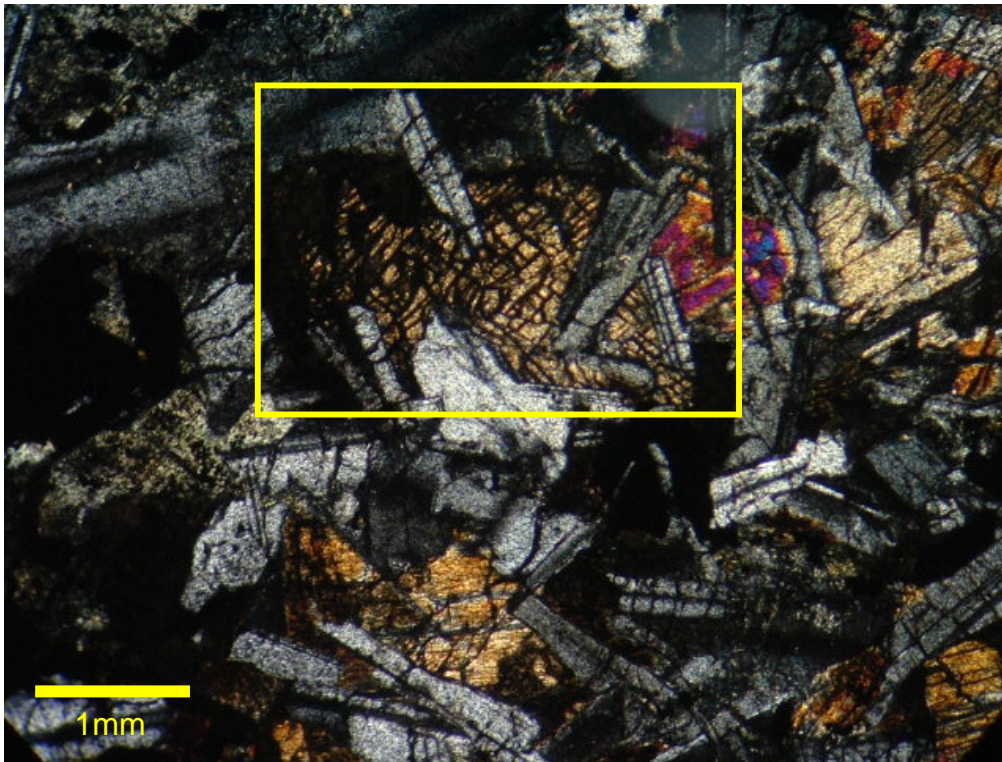


Figura 3.11: Textura subofítica com inclusão parcial de grãos de plagioclásio, preferencialmente colunares subédricos a euédricos, em cristais de augita. Lâmina CF-TD-06b. Nicóis cruzados. O retângulo amarelo mostra a augita subofítica.

A composição mineralógica das rochas estudadas é pouco variável, em geral, representada essencialmente por plagioclásio e clinopiroxênio (augita e/ou pigeonita). A assembléia de minerais acessórios inclui olivina corroída, minerais opacos e apatita. Minerais secundários comuns são a biotita, bowlingita, idingisita e uralita, bem como a saussurita sobre grãos de plagioclásio. A assembléia de fenocristais destas rochas foi estimada em 15% de olivina, 40% de augita e 45% de plagioclásio.

Os grãos de plagioclásio ocorrem como fenocristais e minerais da matriz. Eles exibem formas euédricas a anédricas. Os grãos euédricos são, em geral, colunares, comumente fraturados e alterados para saussurita nos centros, bordas, em suas fraturas e nos planos de geminação. Por vezes, o plagioclásio pode estar zonado (**Figura 3.12**).

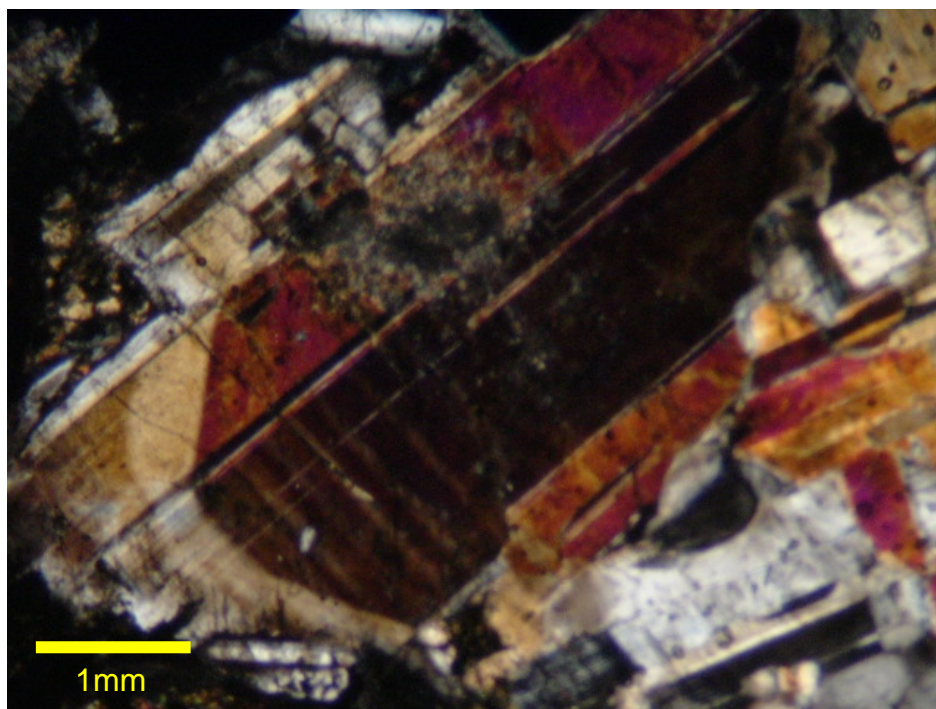


Figura 3.12: Grãos de plagioclásio subédricos a euédricos apresentando zonamento composicional. Lâmina CF-TD-04. Nicóis cruzados.

Os grãos de augita exibem formas euédricas a anédricas. Os grãos euédricos, em geral, são tabulares e freqüentemente alterados para uralita nos centros e bordas, bem como em suas fraturas (**Figura 3.13**). A augita ocorre preferencialmente na matriz. Contudo é freqüente como fenocristal, sendo o zonamento raro. A pigeonita é um mineral raro nestas lâminas, apresenta-se preferencialmente na matriz, fraturada e alterada para uralita.

A olivina é um mineral que ocorre preferencialmente em grãos pseudomórficos com coloração esverdeada a amarelada, anédrica e corroída, somente como fenocristal. Contudo, pode ocorrer euédrica, exibindo fraturas conchoidais (**Figura 3.14**).

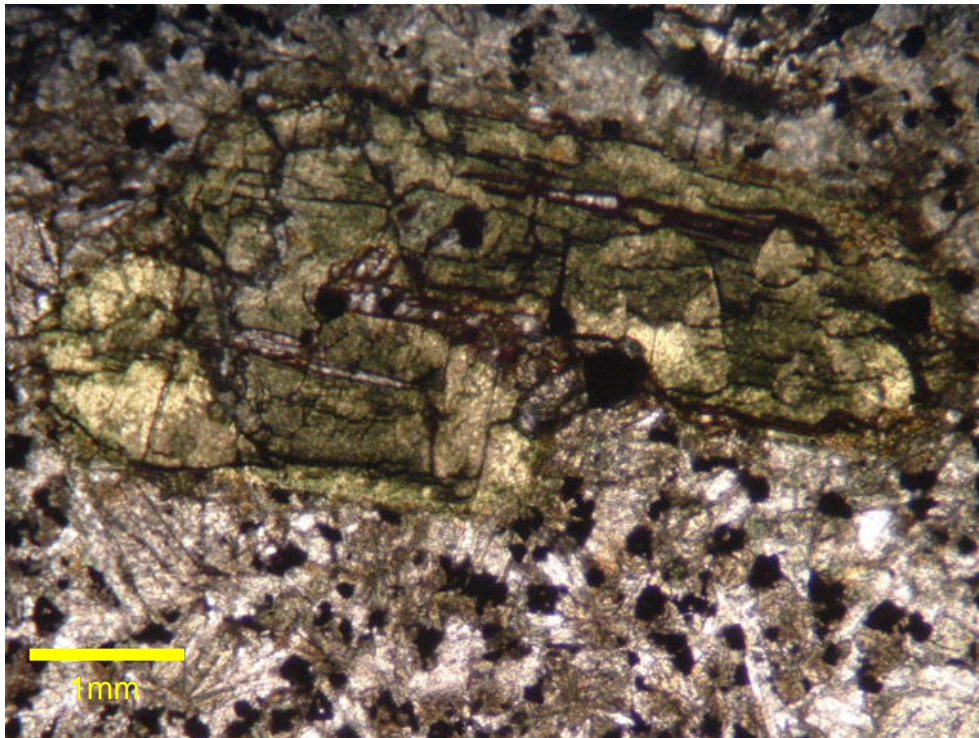


Figura 3.13: Fenocristal de augita subédrica com zonamento composicional. Presença de uralita nas bordas. Lâmina CF-TD-03a. Nicóis paralelos.

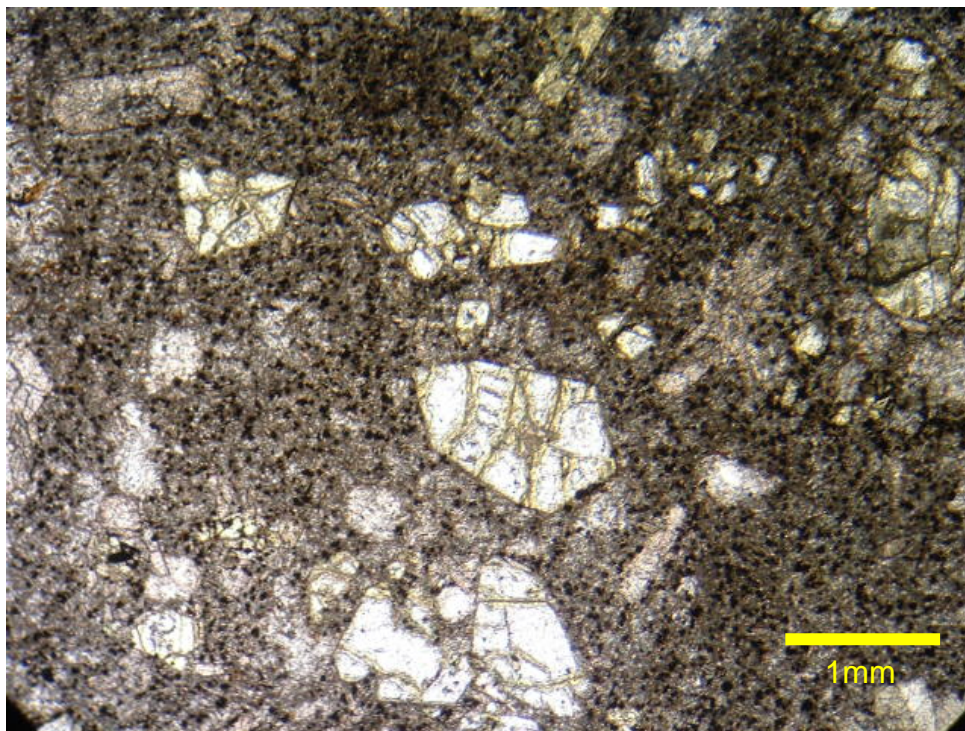


Figura 3.14: Fenocristal de olivina euédrica exibindo minerais de alteração nas fraturas (bowlingita e idingisita). Lâmina CF-TD-03e. Nicóis paralelos.

Os minerais opacos, em geral, ocorrem em duas gerações. Existem minerais opacos euédricos a subédricos tabulares e grãos anédricos dendríticos ou não. Podem estar inclusos em fenocristais de augita e plagioclásio, ou na matriz. Os minerais opacos anédricos possivelmente representam crescimento *subsolidus* devido à alteração deutérica (**Figura 3.15**).

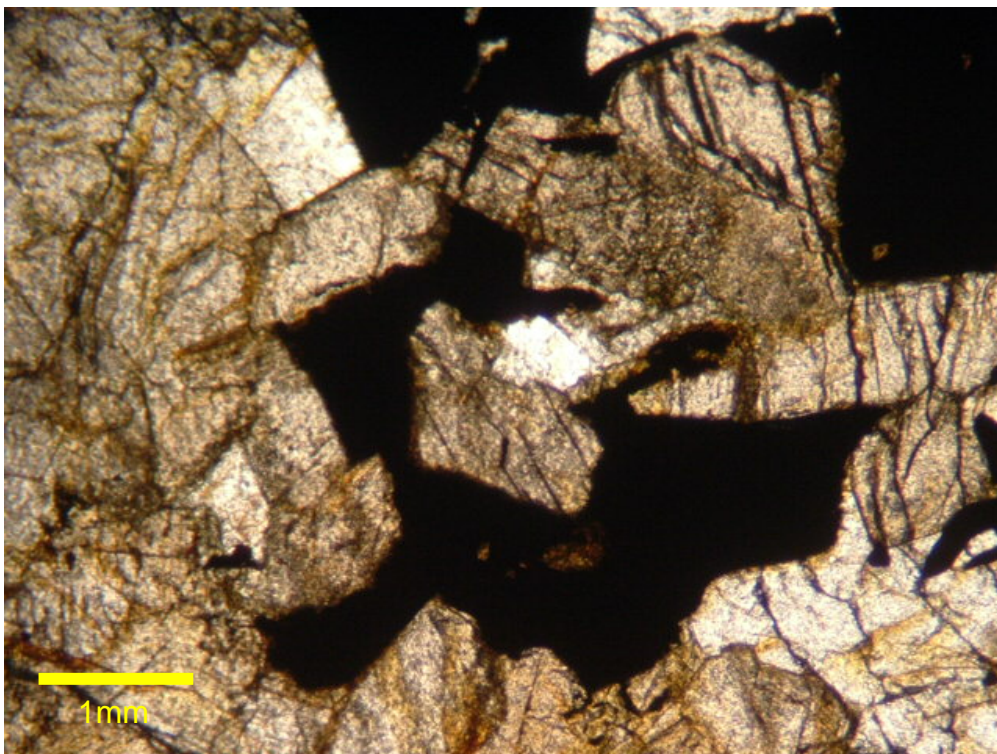


Figura 3.15: Grãos de minerais opacos anédricos mostrando crescimento *subsolidus*. Lâmina CF-TD-02a. Nicóis paralelos.

Xenocristais de plagioclásio e augita, subédricos a anédricos, corroídos, no núcleo e nas bordas e freqüentemente zonados foram encontrados em algumas amostras. Em geral, os xenocristais são mais grossos que os fenocristais das rochas, tendo cerca de 3 a 5 mm. Os xenocristais de plagioclásio apresentam geminação simples e múltipla, uma característica incomum nos fenocristais euédricos. Isto sugere que estes xenocristais devem representar grãos assimilados das rochas encaixantes (**Figura 3.16**).

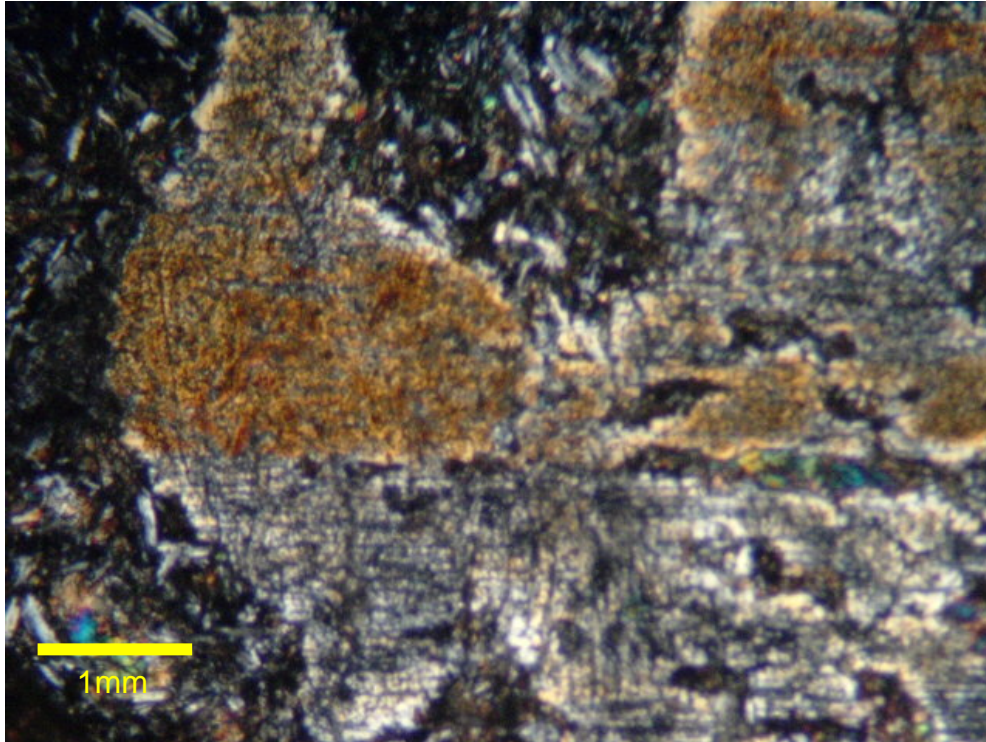


Figura 3.16: Xenocristal de plagioclásio subédrico corroído mostrando geminação simples, incomum nos fenocristais de plagioclásio destas rochas. Lâmina CF-TD-02e. Nicóis paralelos.

3.3 Litogeoquímica

Vinte e uma amostras de rochas basálticas provenientes da Região dos Lagos, entre Niterói e Búzios, mas principalmente da região de Cabo Frio, na porção leste do Enxame de Diques da Serra do Mar, foram selecionadas para as análises litogeoquímicas utilizadas neste trabalho. Adicionalmente, análises litogeoquímicas de nove amostras (**Tetzner, 2002**) de diques da região de Búzios foram compiladas da literatura e também integradas ao conjunto estudado nesta dissertação. Os dados litogeoquímicos são apresentados no **Anexo II**.

Os dados litogeoquímicos obtidos incluem: 1) elementos maiores (SiO_2 , TiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3^t , MnO , MgO , CaO , Na_2O , K_2O , P_2O_5 e PF (perda ao fogo), 2) elementos traços incompatíveis móveis (Ba, Rb e Sr), incompatíveis

imóveis (Zr, Y e Nb), compatíveis (Ni, Cr, V, Co), elementos terras raras (La, Ce, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb e Lu) e U, Th e Hf. Os elementos maiores neste trabalho são expressos em percentagem de peso (%peso) enquanto que os elementos traços são expressos em partes por milhão (ppm). Os dados litogeoquímicos destas amostras serão apresentados e interpretados neste capítulo. A interpretação geoquímica foi baseada, fundamentalmente, na utilização de *softwares* adequados à discriminação de séries, classificação de rochas, cálculo da norma CIPW e interpretação petrogenética. Os métodos analíticos e valores de precisão e exatidão são apresentados no **Anexo III**.

Os valores de perda ao fogo (PF) das amostras do Enxame de Diques da Serra do Mar, selecionadas para este estudo, estão, em geral, abaixo de 2%peso (média $1,63 \pm 1,26\%$ peso) (**Tabela 3.1**). Como uma aproximação, o valor de perda ao fogo (PF) das rochas pode ser uma indicação do grau de alteração. Rochas com valores elevados de PF são, geralmente, mais alteradas do que aquelas com valores mais baixos (**Irvine & Baragar, 1971**). **Regelous (1993)** afirma que os diabásios relativamente inalterados e sem matriz vítrea com $PF < 2\%$ peso do Enxame de Diques de Ponta Grossa não teriam sido afetados extensivamente por alteração *subsolidus* e intemperismo. Em contraste, tais processos teriam afetado, aparentemente, assinaturas geoquímicas em amostras vítreas com valores mais elevados de PF no mesmo enxame. Entretanto, deve ser ressaltado que as determinações de PF são susceptíveis a erros significativos de medidas em consequência, por exemplo, do ganho do peso devido à oxidação do ferro ferroso (**Lechler & Desilets, 1987**). Mesmo assim, os valores de PF podem ser usados como critério de seleção de amostras alteradas, com alguma confiança, no caso das rochas que contêm volumes relativamente pequenos de fases hidratadas, como basaltos. Deste modo, com base nos valores de PF apresentados na **Tabela 3.1**, pode considerar-se as amostras estudadas nesta dissertação de mestrado como minimamente alteradas.

Tabela 3.1: Valores máximos, mínimos, médias, desvios-padrão e coeficientes de variação de óxidos e elementos dos diabásios estudados ($\text{Fe}_2\text{O}_3^{\text{t}}$ é ferro total sob a forma de ferro férrico; PF é a perda ao fogo e n é o número de amostras).

Elementos	Mínimo	Máximo	Média	Desvio padrão	Coeficiente de variação	n
MgO	4,44	8,13	7,00	0,86	0,12	30
SiO ₂	46,94	54,80	48,59	2,04	0,04	30
TiO ₂	0,92	1,65	1,29	0,20	0,16	30
Al ₂ O ₃	12,76	15,68	14,22	0,72	0,05	30
Fe ₂ O ₃ ^t	7,38	15,18	12,13	1,78	0,15	30
MnO	0,12	0,24	0,19	0,02	0,13	30
CaO	7,23	13,36	11,38	1,59	0,14	30
Na ₂ O	1,96	3,81	2,42	0,41	0,17	30
K ₂ O	0,08	2,11	0,64	0,48	0,75	30
P ₂ O ₅	0,11	0,22	0,15	0,03	0,20	30
PF	0,40	6,62	1,63	1,26	0,77	30
Total	98,72	100,34	99,65	0,43	0,00	30
Ni	30	129	69,67	26,49	0,38	22
Cr	30	280	144,07	79,69	0,55	29
Sc	36	49	44,81	4,06	0,09	23
V	282	487	372,07	56,54	0,15	30
Ba	62	717	216,70	165,43	0,76	30
Rb	4	124	23,43	26,09	1,11	30
Sr	146	343	218,03	51,20	0,23	30
Y	20	39	27,53	4,69	0,17	30
Zr	50	133	81,80	20,24	0,25	30
Nb	6	15	9,20	2,54	0,28	30
La	7	21,30	11,80	3,89	0,33	30
Ce	15	44,60	24,10	7,57	0,31	30
Pr	2	5,67	3,16	0,91	0,29	30
Nd	9,70	22,30	13,34	3,10	0,23	30
Sm	2,80	5,50	3,64	0,66	0,18	30
Eu	1,09	1,72	1,31	0,18	0,13	30
Gd	3,40	6	4,42	0,68	0,15	30
Tb	0,60	1,10	0,80	0,13	0,16	30
Dy	3,80	6,60	4,84	0,74	0,15	30
Ho	0,80	1,40	1,00	0,17	0,17	30
Er	2,20	4,20	2,91	0,51	0,17	30
Tm	0,32	0,64	0,43	0,08	0,19	30
Yb	2	4,10	2,68	0,53	0,20	30
Lu	0,29	0,61	0,40	0,08	0,20	30
Hf	1,60	4	2,50	0,54	0,22	30
Th	0,70	5	1,42	0,89	0,62	30
U	0,20	1,30	0,30	0,22	0,75	30

As amostras CF-TD-16, FC-WT-O4 DQ2 e FC-WT-09 (**Anexo II**) apresentam totais dos óxidos iguais a 98,99%peso, 98,72%peso, 98,74%peso, respectivamente. Estas somas estão fora do intervalo (entre 99 e 101% peso)

geralmente considerado satisfatório para análises geoquímicas de rocha total. Mesmo assim, estas amostras foram utilizadas neste trabalho, muito embora atenção especial tenha sido dada a elas durante as interpretações para possíveis discrepâncias.

O cálculo de coeficientes de variação (isto é, o desvio padrão dividido pela média) foi feito para se ter uma estimativa da qualidade das análises (**Tabela 3.1**). Valores elevados de coeficientes de variação podem indicar:

- 1) Erro analítico (isso pode ser testado com dados de precisão e exatidão; **Anexo III**);
- 2) Alteração (isso pode ser testado pela checagem dos valores de PF e pelas variações dos elementos traços incompatíveis imóveis; p. ex. Y, Zr e Nb);
- 3) Existência de mais que uma suíte magmática.

Valores relativamente elevados de coeficientes de variação observados para óxidos e elementos como, por exemplo, o $K_2O=0,75$; $Rb=1,11$ e $Ba=0,76$ (**Tabela 3.1**) podem ser decorrentes de processos *subsolidus* devido à mobilidade dos mesmos. Em outros casos, (p.ex.: $U=0,75$; **Tabela 3.1**) podem ser decorrentes de concentrações muito próximas dos limites de detecção dos instrumentos analíticos. A exceção destes casos, a considerar-se os valores satisfatórios de precisão e exatidão obtidos (**Anexo III**), os coeficientes de variação podem estar realmente indicando a existência de mais que uma suíte magmática na série toleítica de baixo- TiO_2 na porção leste do Enxame de Diques da Serra do Mar.

As amostras estudadas caracterizam uma série subalcalina com afinidade toleítica (**Figuras 3.17 e 3.18**) (Irvine & Baragar, 1971).

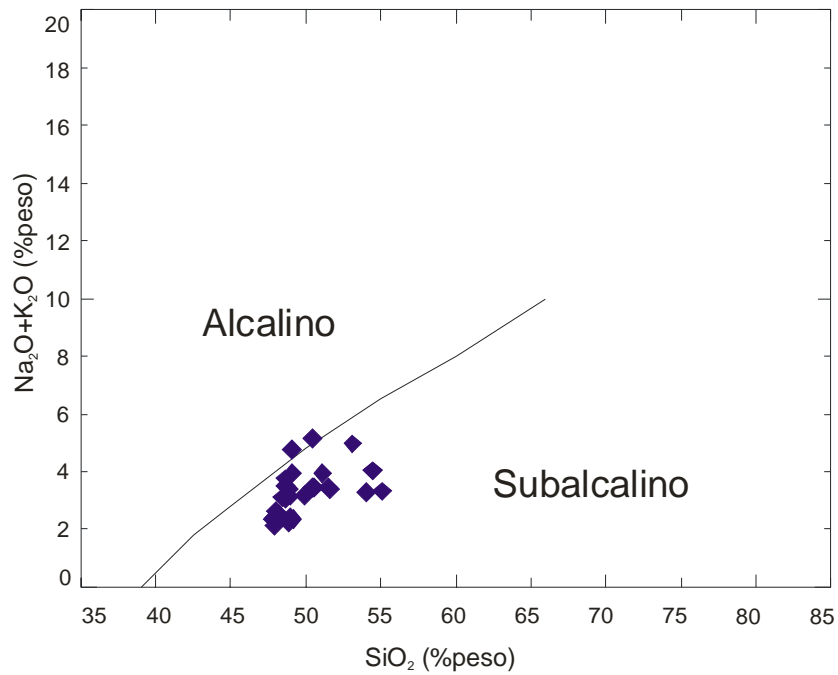


Figura 3.17: Diagrama TAS (Total de Álcalis *versus* Sílica) de discriminação de séries (Irvine & Baragar, 1971) para os diabásios estudados. Dados recalculados para 100% em base anídrica.

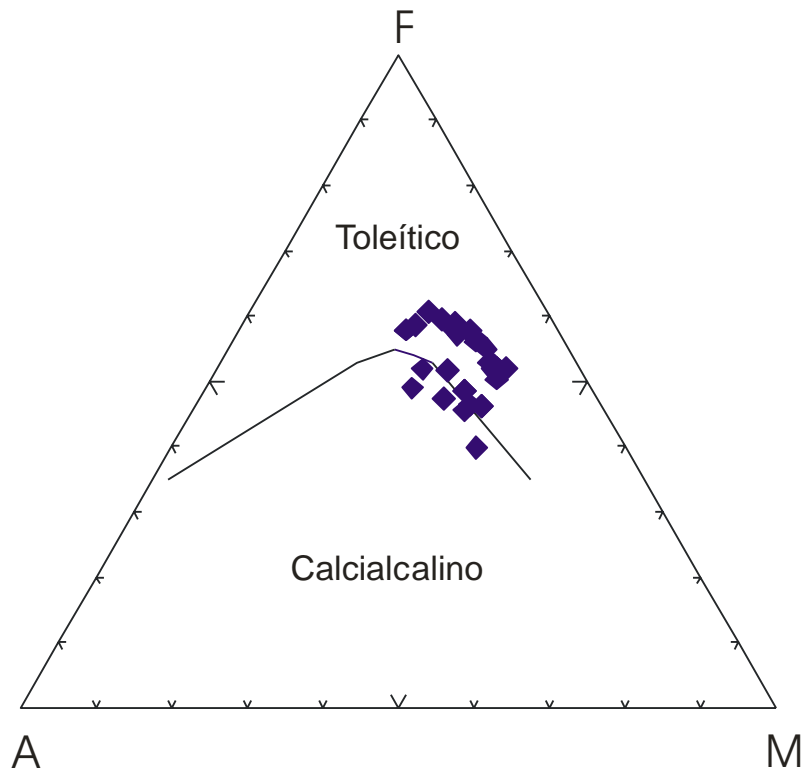


Figura 3.18: Diagrama AFM de discriminação de séries toleítica e calcialcalina (Irvine & Baragar, 1971) para os diabásios estudados. A = Na₂O + K₂O; F = Fe₂O₃^t; M = MgO (em %peso). Dados recalculados para 100% em base anídrica.

A afinidade toleítica é corroborada pela presença de hiperstênio (e ausência de nefelina) na norma CIPW em todas as amostras estudadas, com exceção de duas amostras CF-TD-11b e CF-TD-15a que apresentaram valores baixos (respectivamente, 0,84 e 0,19% de peso) de nefelina normativa (**Tabela 3.2**).

Tabela 3.2: Valores da norma CIPW, incluindo máximos, mínimos, médias e desvios-padrão. 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.

Amostras	Q	Or	Ab	An	Ne	Di	Hy	Ol	Mt	Il	Ap	Total
CF-TD-01	0	1,7	17,74	31,4	0	29,11	6,19	7,6	3,55	2,43	0,32	100,08
CF-TD-02b	0	1,51	18,34	28,45	0	28,61	8,55	7,85	3,97	2,4	0,36	100,08
CF-TD-03a	0	2,16	26,01	21,96	0	25,15	10,29	6,19	4,54	3,2	0,54	100,08
CF-TD-03b	0	3,19	22,33	23,46	0	26,75	11,68	4,93	4,31	2,94	0,47	100,09
CF-TD-03d	0	7,51	33,5	14,68	0	20,9	0,7	15,08	4,19	3,03	0,49	100,12
CF-TD-05	0	2,8	22,09	23,58	0	25,85	12,58	5,47	4,52	2,73	0,44	100,09
CF-TD-06a	0	1,28	18,25	28,48	0	28,57	13,36	4,38	3,65	1,79	0,29	100,09
CF-TD-07a	0	7,07	22,03	25,84	0	23,26	2,02	13,01	3,53	2,97	0,39	100,21
CF-TD-07b	0	3,02	22,7	27,45	0	26,75	8,56	5,08	2,99	3,2	0,31	100,14
CF-TD-08a	0	4,47	23,17	27,6	0	22,13	13,38	3,41	3,22	2,28	0,42	100,14
CF-TD-08b	0	4,8	22,5	27,98	0	22,53	13,06	3,38	3,21	2,24	0,39	100,14
CF-TD-09	2,74	6,38	19,7	30,28	0	18,03	16,98	0	3,22	2,38	0,39	100,13
CF-TD-11a	0,95	8,23	30,66	20,95	0	13,87	18,51	0	3,34	3,1	0,46	100,15
CF-TD-11b	0	13,22	20,25	22,58	0,84	21,29	0	15,51	3,62	2,47	0,35	100,21
CF-TD-13b	0	0,8	18,08	30,22	0	28,37	12,77	3,79	3,51	2,2	0,29	100,1
CF-TD-14b	0	7,46	19,26	27,29	0	25,37	0,46	14,59	3,32	2,03	0,27	100,14
CF-TD-15a	0	6,94	23,34	24,09	0,19	24,05	0	15,45	3,44	2,26	0,3	100,13
CF-TD-16	0	0,86	19,25	28,92	0	28,36	11,53	5,03	3,53	2,24	0,32	100,1
FC-TD-01a	0	0,49	17,36	30,28	0	29,5	8,15	8,08	3,64	2,21	0,32	100,08
FC-WT-04 DQ2	0	2,26	17,1	32,86	0	28,01	5,32	8,61	3,31	2,27	0,29	100,07
FC-WT-06	0	3,3	21,8	24,83	0	26,66	8,42	7,4	4,24	2,92	0,46	100,08
FC-WT-09	6,33	4,31	21,78	26,58	0	20,99	13,88	0	2,62	3,17	0,39	100,11
FC-WT-14	0	1,81	19,1	29,13	0	28,17	6,26	9,47	3,67	2,13	0,29	100,1
FC-WT-28	0	1,62	19,42	29,31	0	26,86	9,16	7,1	3,99	2,2	0,36	100,06
FC-WT-31	0	1,27	19,47	29,37	0	26,79	10,61	5,95	3,99	2,21	0,36	100,06
FC-WT-36	0	2,11	19,7	26,04	0	27,31	10,89	6,21	4,32	3,03	0,41	100,07
FC-WT-48	0	1,86	17,49	31,39	0	27,42	6,92	8,61	3,63	2,37	0,34	100,07
FC-WT-62	0	2,05	17,01	30,26	0	28,42	8,39	7,51	3,65	2,4	0,34	100,07
SQ-TD-01c	6,7	5,27	20,71	27,74	0	21,13	13,97	0	2,16	2,11	0,26	100,09
SQ-TD-02	7,71	8,21	22,84	21,11	0	17,33	15,76	0	3,81	2,82	0,48	100,1
Máximo	7,71	13,22	33,5	32,86	0,84	29,5	18,51	15,51	4,54	3,2	0,54	100,21
Mínimo	0	0,49	17,01	14,68	0	13,87	0	0	2,16	1,79	0,26	100,06
Média	0,81	3,93	21,10	26,80	0,03	24,92	9,28	6,66	3,62	2,52	0,37	100,11
Desvio Padrão	2,14	3,01	3,75	3,93	0,16	3,96	5,04	4,62	0,53	0,41	0,07	0,04

As concentrações de hiperstênio normativo chegam a 18,51%peso, com valor médio de $9,28 \pm 5,04\%$ peso (**Tabela 3.2**). A grande maioria das amostras (cerca de 25 num total de 30) constitui um grupo de olivina-toleítos. Estes olivina-toleítos apresentam teores de olivina normativa variando entre 3,38%peso e 15,51%peso ($7,99 \pm 3,83\%$ peso). Apenas 5 amostras, num total de 30, classificaram-se como quartzo-toleítos, apresentando teores de quartzo normativo variando entre 0,95%peso e 7,71%peso ($4,88 \pm 2,89\%$ peso). Assim, cerca de 78% das amostras desta série são representadas por olivina-toleítos, e os 22% restantes por quartzo-toleítos. A presença de olivina normativa na maioria das amostras indica o caráter pouco evoluído desta série.

A classificação química das amostras foi baseada no diagrama TAS (**LeMaitre, 1989**). As amostras classificaram-se como basaltos, andesito-basaltos e traquibasaltos (**Figura 3.19**).

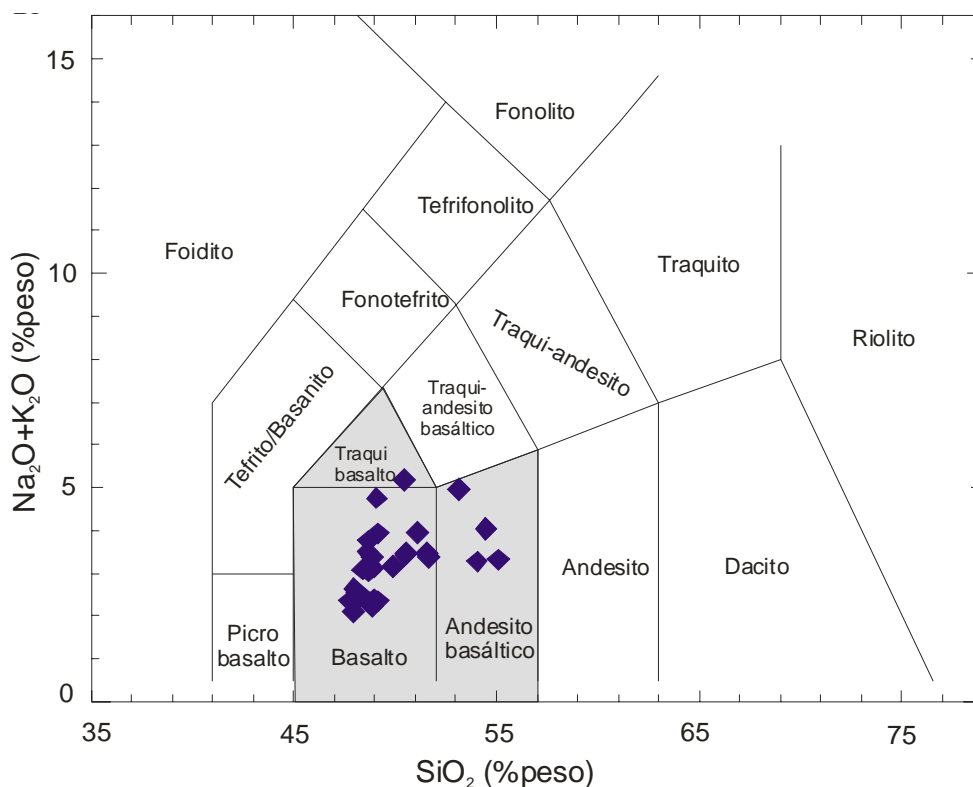


Figura 3.19: Diagrama de classificação de rochas (**LeMaitre, 1989**) para as amostras estudadas. Dados recalculados para 100% em base anídrica.

Os diagramas de classificação Nb/Y *versus* Zr/TiO₂ e Zr/TiO₂ *versus* SiO₂ (Figura 3.20a e 3.20b) (Winchester & Floyd, 1977) foram usados comparativamente ao TAS.

Nestes diagramas, as amostras plotam nos campos dos basaltos subalcalinos, andesitos basálticos e andesitos e classificam-se, portanto, semelhantemente ao TAS. Isto indica que, se houve mobilização dos óxidos, o processo não afetou substancialmente a classificação química no TAS.

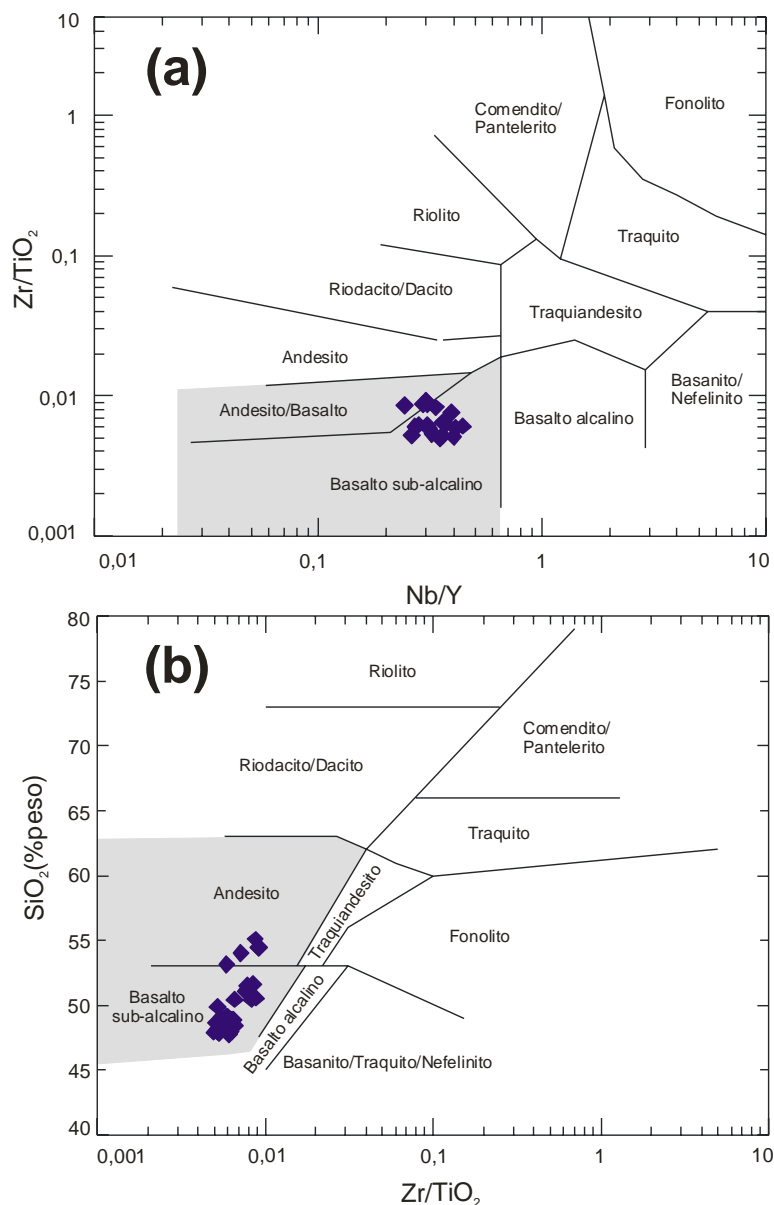


Figura 3.20: Diagramas de classificação de rochas para as amostras estudadas (Winchester & Floyd, 1977). **(a)** - Nb/Y *versus* Zr/TiO₂; **(b)** - Zr/TiO₂ *versus* SiO₂.

Todas as trinta amostras de diabásio estudadas nesta dissertação foram inseridas dentro de uma suíte de baixo-TiO₂, (**Tabela 3.3**) com base em critérios apresentados na literatura (2%peso<TiO₂<2,00%peso, 310<Ti/Y<310; **Bellieni et al., 1984; Hergt et al., 1991**). Para enquadrar-se nesta suíte de baixo-TiO₂ foi preciso obedecer pelo menos um parâmetro de acordo com os critérios adotados. Todas as amostras apresentam valores de TiO₂<2,00%peso, e apenas 8 das 30 amostras apresentam Ti/Y>310. Sendo assim, todas as amostras foram consideradas de baixo-TiO₂.

Tabela 3.3: Relação de amostras de diabásio estudadas discriminadas em suítes de baixo-TiO₂ segundo os critérios de **Bellieni et al., 1984; Hergt et al., 1991**.

Sample	TiO ₂	Ti	Y	Ti/Y
CF-TD-14b	1,03	6175	23	268
FC-TD-01a	1,131	6780	23	295
CF-TD-15a	1,14	6834	26	263
FC-WT-14	1,1	6595	25	264
CF-TD-06a	0,915	5485	28	196
FC-WT-62	1,238	7422	23	323
FC-WT-48	1,231	7380	22	335
CF-TD-16	1,133	6792	26	261
CF-TD-07a	1,518	9100	25	364
CF-TD-13Bb	1,123	6732	25	269
CF-TD-02b	1,234	7398	28	264
FC-WT-04 DQ 2	1,16	6954	20	348
CF-TD-07b	1,65	9892	28	353
CF-TD-11b	1,231	7380	29	254
CF-TD-01	1,251	7500	23	326
FC-WT-36	1,567	9394	30	313
FC-WT-28	1,138	6822	25	273
CF-TD-08a	1,164	6978	26	268
FC-WT-31	1,144	6858	25	274
CF-TD-08b	1,138	6822	24	284
SQ-TD-01c	1,1	6595	24	275
CF-TD-03d	1,535	9202	36	256
FC-WT-06	1,485	8903	30	297
CF-TD-05	1,397	8375	34	246
CF-TD-03b	1,494	8957	35	256
FC-WT-09	1,628	9760	35	279
CF-TD-03a	1,618	9700	39	249
CF-TD-09	1,223	7332	29	253
CF-TD-11a	1,506	9028	27	334
SQ-TD-02	1,458	8741	33	265
Mínimo	0,92	5485	20	196
Máximo	1,65	9892	39	364
Média	1,29	7730	28	284
Desvio padrão	0,20	1222,53	4,69	37,99
Coefficiente de variação	0,16	0,16	0,17	0,13

A amostra parental da suíte de baixo-TiO₂ é a CF-TD-14b, com valores de SiO₂= 47,22%peso, MgO= 8,13%peso, Ni= 100ppm e Cr= 280ppm. Já a amostra mais evoluída desta suíte é a CF-TD-03a, com valores de SiO₂= 47,50%peso, MgO= 5,91%peso, Ni= 30ppm e Cr= 30ppm.