

**PETROGRAFIA E PROPRIEDADES FÍSICAS DE ROCHAS: UM ESTUDO
PARA CORPOS GRANÍTICOS E ROCHAS GNAISSICAS PALEO-
NEOPROTEROZÓICOS DO DOMÍNIO RIO GRANDE DO NORTE,
NORDESTE DA PROVÍNCIA BORBOREMA**

Aryane Leonídio do Carmo Assunção¹

Fernando Antonio Pessoa Lira Lins²

Antonio Carlos Galindo²

doi:10.18190/1980-8208/estudosgeologicos.v24n2p29-45

¹PPGG/UFRN, aryane.geologia@gmail.com

².PPGG/DG/UFRN, flins@geologia.ufrn.br; galindo@geologia.ufrn.br

RESUMO

O magmatismo granítico paleo-neoproterozoico do Domínio Rio Grande do Norte-DRN tem sido alvo de diversos trabalhos que abordam desde seus aspectos texturais e composicionais a geoquímicos e geocronológicos, não obstante uma abordagem sobre propriedades petrofísicas dessas rochas ainda é pouco explorada.

Este trabalho apresenta um conjunto de dados petrofísicos, condutividade térmica, densidade e susceptibilidade magnética, de 101 amostras de rochas graníticas (relacionadas ao plutonismo neoproterozóico do DRN) e gnáissicas (relacionadas ao embasamento paleoproterozóico do DRN), onde se faz uma discussão com base em diagramas de correlação linear entre a composição modal dessas amostras e as propriedades em questão. A relação condutividade térmica e composição modal mostra que o quartzo é a fase mineral que mais influencia o aumento desta propriedade, ou seja, há uma correlação positiva, no geral forte, entre quartzo e a condutividade térmica. Em contrapartida, observa-se uma correlação negativa entre a condutividade térmica e o somatório dos minerais máficos (biotita, anfibólio, titanita e opacos, predominantemente). Por outro lado, os feldspatos tendem a mostrar baixas correlações, positiva ou negativa, ou dispersão. A relação entre densidade e composição modal é um espelho do que acontece com a condutividade térmica, ou seja, quartzo mostra correlação negativa e os minerais máficos uma forte correlação positiva. Aqui novamente os feldspatos tendem a dispersão ou baixas correlações. Para a susceptibilidade magnética foram considerados apenas os minerais máficos (biotita, anfibólio, titanita e minerais opacos). Neste caso, apenas os minerais opacos apresentam uma fraca correlação positiva, com os outros máficos apresentando sempre uma forte dispersão.

Palavras chave: Petrografia; Propriedades físicas; Rochas graníticas; Domínio Rio Grande do Norte

ABSTRACT

Researches on Paleo-neoproterozoic granitic magmatism in the Rio Grande do Norte Domain, Borborema Province, mainly concerning textural, compositional, geochemical and geochronological aspects, have been carried out in the last decades. However, an approach concerning petrophysical properties of these rocks are still scarce. This paper presents petrophysical data including thermal conductivity, density and magnetic susceptibility for 101 samples from paleo-neoproterozoic granitic rocks of the Rio Grande do Norte Domain. It is mainly emphasized the relationships between modal composition (mineral phases) and these petrophysical data. Thermal conductivity

and modal composition relation shows that quartz present a strong positive correlation. In contrast, there is a negative correlation between the thermal conductivity and the total of mafic minerals. However, feldspars tend to display scatter or slightly positive or negative correlations. Density and modal composition present just the opposite correlation, in relation to thermal conductivity. Quartz displays negative and mafic minerals shows a strong positive correlation. Feldspars tend to scatter or low correlations. Magnetic susceptibility does not show correlation coefficients when analyzed in relation to biotite, amphibole and sphene individually. However, it exhibits a slightly positive correlation in regard to opaque minerals.

Keywords: Petrography; Petrophysical properties; Granitic rocks; Rio Grande do Norte Domain

INTRODUÇÃO

Dentre as rochas/unidades que fazem parte do Domínio Rio Grande do Norte há de se destacar o extenso magmatismo granítico/diorítico de idade paleo a neoproterozóica. No contexto desse magmatismo inúmeros trabalhos abordam sua caracterização geológica/geocronológica, petrográfica e geoquímica, agrupando-o em diferentes famílias/grupos tipológicos (Almeida et al. 1967, Jardim de Sá et al. 1981, Sial 1986, Ferreira et al. 1998, McReath, et al 2002, Nascimento et al. 2000-2008, Angelim et al. 2006, entre outros) , entretanto estudos que abordem propriedades petrofísicas das rochas associadas a este magmatismo é ainda muito pouco conhecido.

Os trabalhos pioneiros envolvendo propriedades petrofísicas de rochas, a partir da segunda metade da década com

início em 2000, se restringiram tão somente a abordagem da propriedade condutividade térmica (Figueiredo 2006, Figueiredo et al. 2008, Figueiredo et al. 2009), porém alguns trabalhos a partir da década de 2010 já abordam além da condutividade outras propriedades físicas como densidade e susceptibilidade magnética (Assunção 2010, França 2011, Oliveira 2011, Fillippi 2011).

Neste aspecto, o objetivo desse trabalho é apresentar e discutir as relações entre as propriedades petrofísicas condutividade térmica, densidade e susceptibilidade magnética e a petrografia/composição modal de rochas graníticas, predominantemente, e dioríticas, paleo a neoproterozóica pertencentes ao terreno Domínio Rio Grande do Norte (Fig. 1).

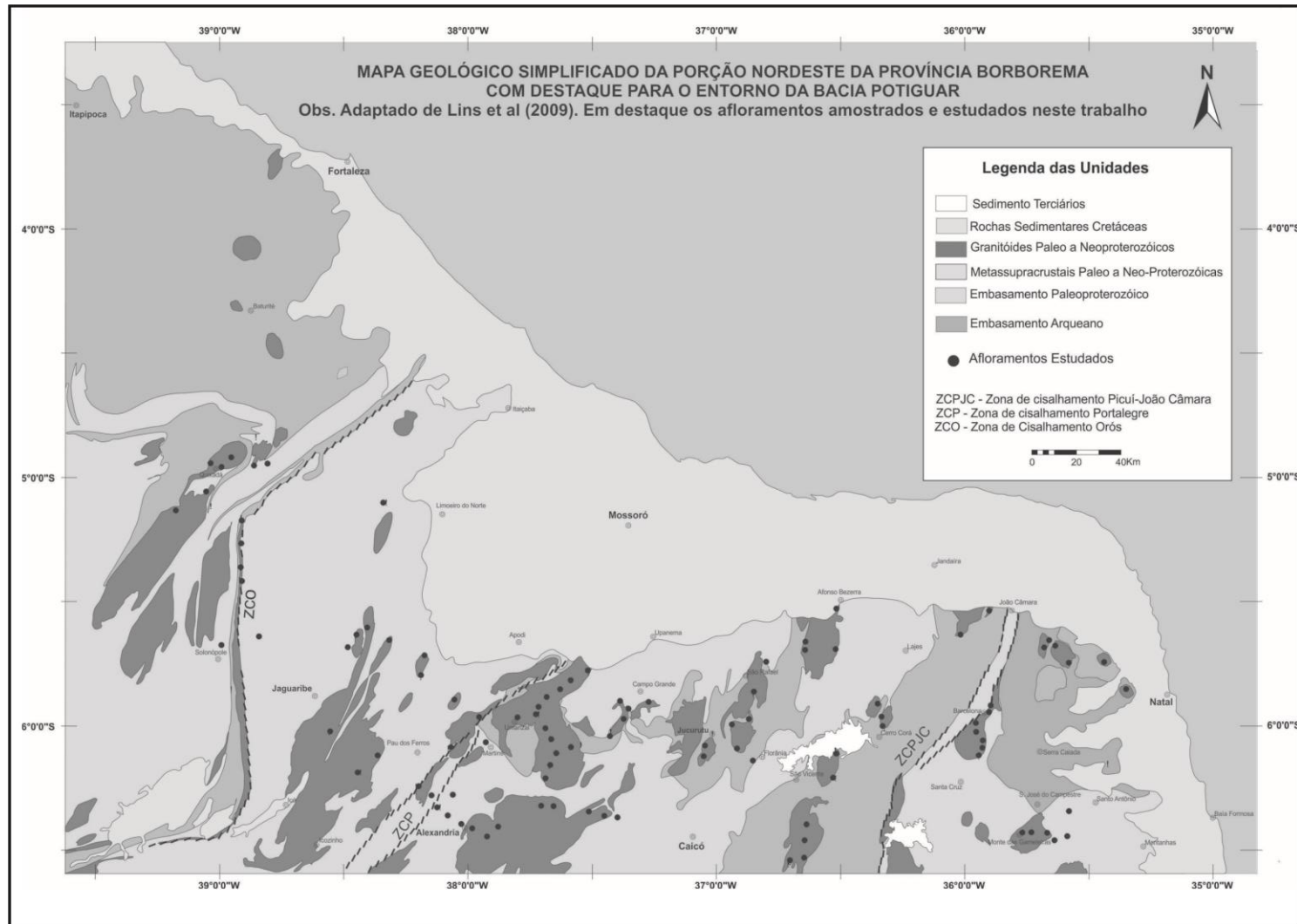


Figura 1 - Mapa simplificado da Província Borborema com os pontos (círculos pretos cheios) relativos as amostra estudadas.

MATERIAIS E MÉTODOS

O conjunto de dados envolve 101 amostras de rochas cuja variação composicional envolve principalmente granitos (sieno e monzogranitos) e granodioritos, com tonalitos, quartzo dioritos, quartzo monzodioritos,

quartzo monzonitos e quartzo sienitos subordinados (Fig. 2). Neste conjunto de amostras foram medidas a condutividade térmica (λ), a densidade (ρ) e a susceptibilidade magnética (SM).

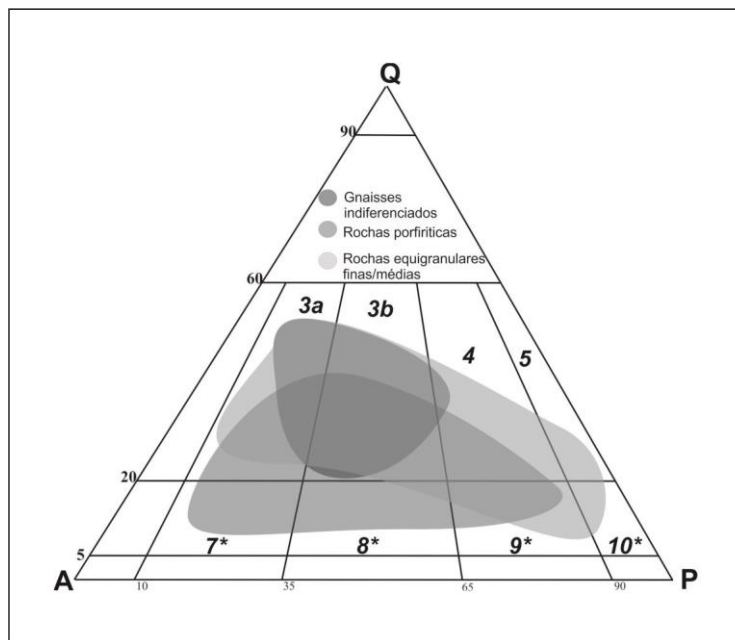


Figura 2- Diagrama QAP (Streckeisen et al. 1976) para as amostras estudadas. Obs. 3a-sienogranito, 3b-monzogranito, 4-granodiorito, 5-tonalito, 7*-quartzo sienito, 8*-quartzo monzonito, 9* quartzo monzodiorito, 10%-quartzo diorito.

A condutividade térmica (λ) é na natureza o principal mecanismo de transferência de calor sendo este parâmetro definido como: $Q = -\lambda \nabla T$, onde Q é o fluxo de calor produzido pelo gradiente de temperatura ∇T , e sua unidade no Sistema Internacional (S.I.) é $W m^{-1}K^{-1}$.

Para as medidas de condutividade térmica foram confeccionados tablets com dimensões de “11 cm x 11 cm x 3 cm” (comprimento, largura e espessura, respectivamente), com uma das faces polida para melhor acoplamento do sensor de medição. O medidor de condutividade térmica utilizado foi da marca “Anter Corporation, modelo QuicklineTM -30”, pertencente ao

Laboratório de Condutividade Térmica do Programa de Pós-Graduação em Geodinâmica e Geofísica, da Universidade Federal do Rio Grande do Norte-UFRN, e em cada um dos tablets foram realizadas pelo menos 4 medidas, conforme a metodologia já descrita em Figueiredo *et al.* (2008).

A densidade (ρ) é definida como o quociente entre a massa (m) e o volume (V) de um material (Shon, J.H. 1996): $\rho = m/V$, sendo sua unidade no Sistema Internacional (S.I.) é $kg.m^{-3}$.

As medidas de densidade (d) foram realizadas em uma balança de marca “Toledo-Ohaus-Adventurer” com uma precisão de 0,0001g. Para as medidas de densidade (d) foram confeccionados três cubos de cada

amostra com dimensões de 3cm x 3cm x 3cm. Inicialmente todas as amostras foram secadas na estufa a uma temperatura de 50°C, para que toda a água fosse retirada dos poros. Após serem retiradas da estufa foi realizada a primeira medida que consiste em medir a massa da rocha com os poros preenchidos por ar, sendo obtido o peso seco (Ps). Para realizar a segunda e a terceira medida os cubos foram colocados em uma bandeja e cobertos por água ao longo de três etapas, com intervalos de 12hs, até que fossem completamente submersos para que os poros fossem totalmente preenchidos num período de 48hs. A segunda medida (Psub) (peso submerso) é realizada com o cubo saturado em água submerso em um béquer contendo água destilada, a terceira medida é realizada com o cubo saturado em água, no ar, fornecendo o peso saturado (Psat). A densidade é obtida em g/cm³ a partir da seguinte equação: $d = P_{seco} / (P_{sat} - P_{sub}) * dH_2O$

A susceptibilidade magnética representa a habilidade de uma substância de se magnetizar quando exposta a um campo externo, desta forma a susceptibilidade magnética k pode ser definida pelo vetor que induz o magnetismo M (A/m - ampere por metro) pelo vetor de intensidade do campo magnético H (A/m - ampere por metro), assim $k = M/H$. No Sistema Internacional a susceptibilidade magnética é uma unidade adimensional (Hrounda *et al.* 2009).

Neste trabalho a medida da susceptibilidade magnética foi realizada com o equipamento “Susceptibilímetro Kappameter KT-9”, da marca EXPLORANIUM, e para cada tablete foi realizado dez leituras aleatoriamente na mesma face polida em que foram realizadas as medidas da condutividade térmica, obtendo-se

posteriormente valor médio para cada medida.

APRESENTAÇÃO DOS DADOS

Para todas as amostras estudadas foram construídos gráficos de correção linear entre a composição modal de cada amostra e suas respectivas medidas de condutividade térmica, densidade e susceptibilidade magnética. Este conjunto de amostras foi separado em três grupos distintos levando-se em consideração seus aspectos texturais, a saber: as rochas graníticas porfiríticas de textura no geral isotrópica (50 amostras), as rochas graníticas equigranulares de granulação fina a média, também predominantemente isotrópicas (36 amostras), e gnaisses indiferenciados de granulação variada, o conjunto menos expressivo com apenas 15 amostras (Tabela 1).

Composição Modal versus Condutividade Térmica

Em uma primeira avaliação, analisando-se todo o conjunto de amostras observa-se que as medidas de condutividade térmica variam entre 1,51-3,78 W/mK, mas predominantemente num intervalo relativamente estreito de 2,0 a 3,0 W/mK (89% das amostras), com as rochas graníticas com valores >2,0 W/mK e as dioríticas $\leq 2,0$ W/mK. Observando os gráficos de correlação linear gerados para todo o conjunto de amostras, tem-se que o quartzo mostra uma correlação positiva com a condutividade térmica. Observa-se também que os minerais máficos (representados essencialmente por biotita, hornblenda, titanita, minerais opacos, epidoto e allanita) apresentam um comportamento contrário ao do quartzo, em que os valores medidos de condutividade térmica diminuem com

o aumento de sua porcentagem por amostra. Por outro lado, a relação dos feldspatos com a condutividade térmica é bem menos aparente que a relação dos minerais anteriores, com

os dados mostrando uma fraca correlação negativa, para o plagioclásio, e positiva, para o K-feldspato (Fig. 3).

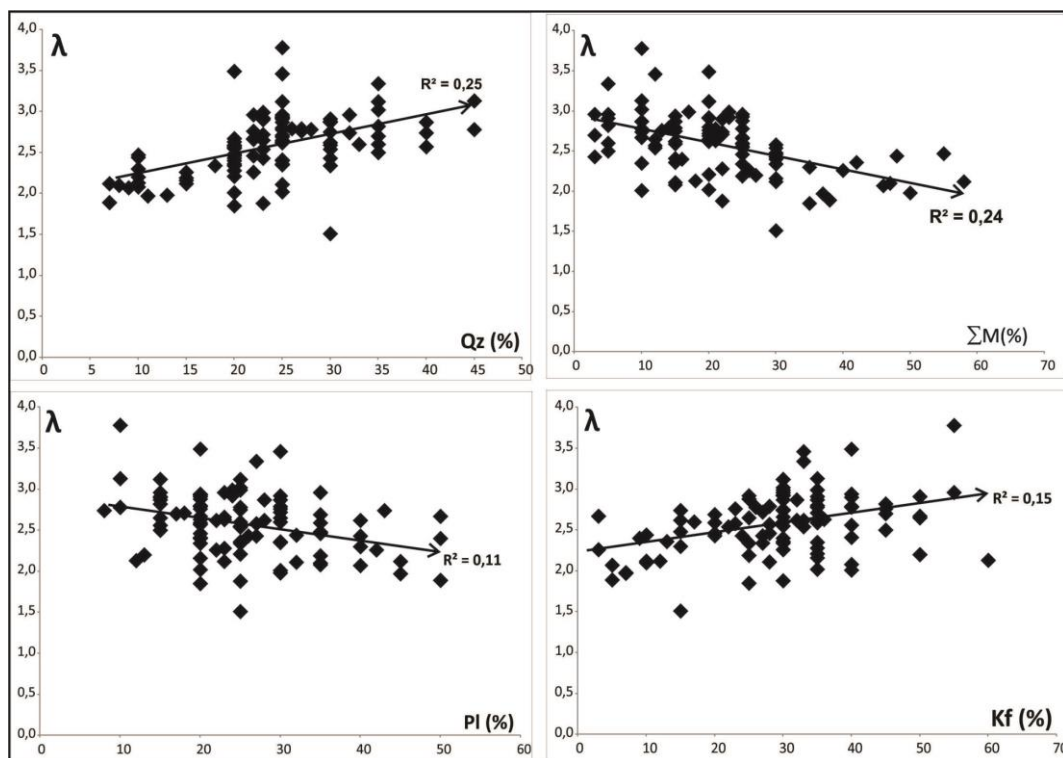


Figura 3 - Diagramas de condutividade térmica para quartzo (Qz), minerais máficos (ΣM), plagioclásio (Pl) e K-feldspato (Kf) para todo o conjunto de amostras estudado. OBS. Pl e Somatório Máficos comportamento semelhante Qz e K-F bastante semelhantes

Numa segunda etapa é analisada a correlação “condutividade térmica x composição modal” para os três grupos separados de amostras. No primeiro grupo, os das **rochas porfíricas** (Fig. 4), observa-se que o quartzo varia predominantemente entre 10 e 30% modal nas amostras e apresenta ainda correlação linear positiva. Os minerais máficos apresentam uma maior faixa de variação modal, de 5 a 40%, e correlação linear negativa. Os feldspatos, por sua vez, apresentam grande dispersão das amostras nos diagramas gerados.

O segundo grupo de amostras, os das **rochas equigranulares finas/médias**, é o que apresenta maiores variações percentuais modais, implicando consequentemente em maior diversidade de tipos petrográficos (Fig. 2). Nesse grupo de amostras, o quartzo ocorre em porcentagens variando de 5 a 45% modal, e apresentando uma forte correlação positiva com fator de 0,42. Os minerais máficos variam entre 3 e 55% modal, tendo uma correlação negativa com fator de 0,37. Aqui os

feldspatos mostram variações modais mais amplas (entre 10 e 50% para os plagioclásios e de 3 a 45% para os K-feldspatos), e já chegam a apresentar correlações consideráveis, negativa para o plagioclásio com fator de 0,34,

e positiva para o K-feldspato com fator de 0,49 (Fig. 5).

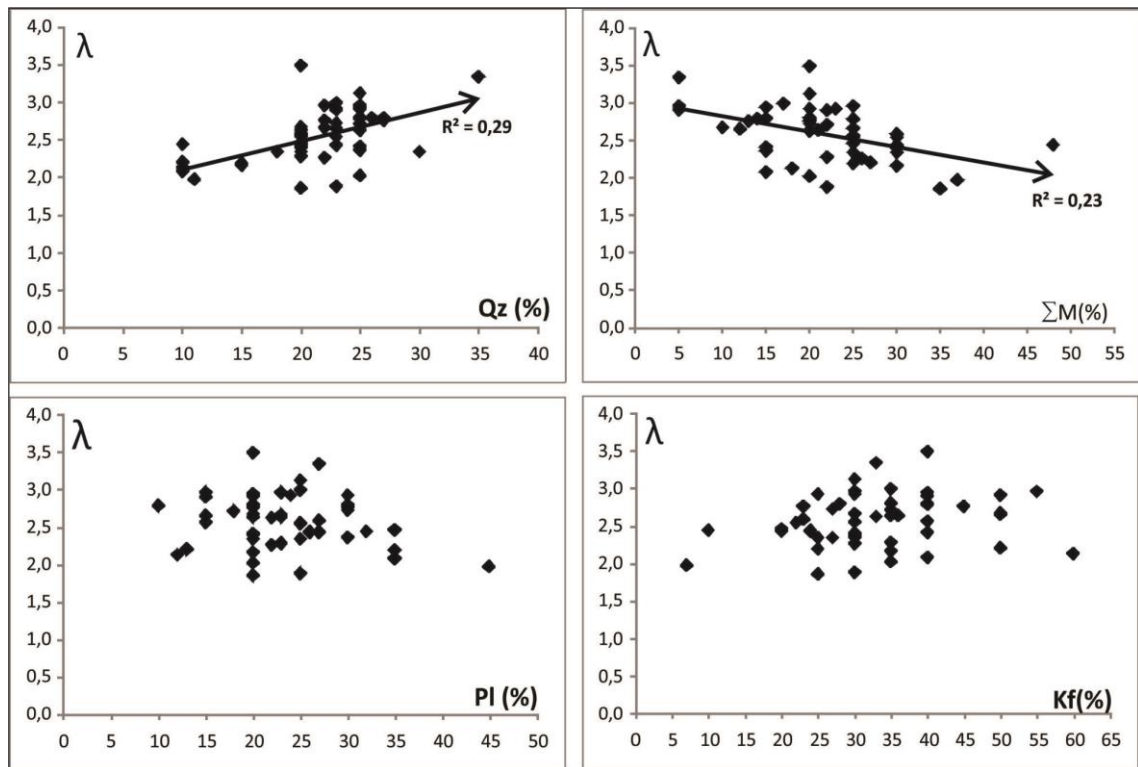


Figura 4 - Diagramas de condutividade térmica para quartzo (Qz), minerais máficos (ΣM), plagioclásio (Pl) e K-feldspato (Kf) para as rochas porfíricas.

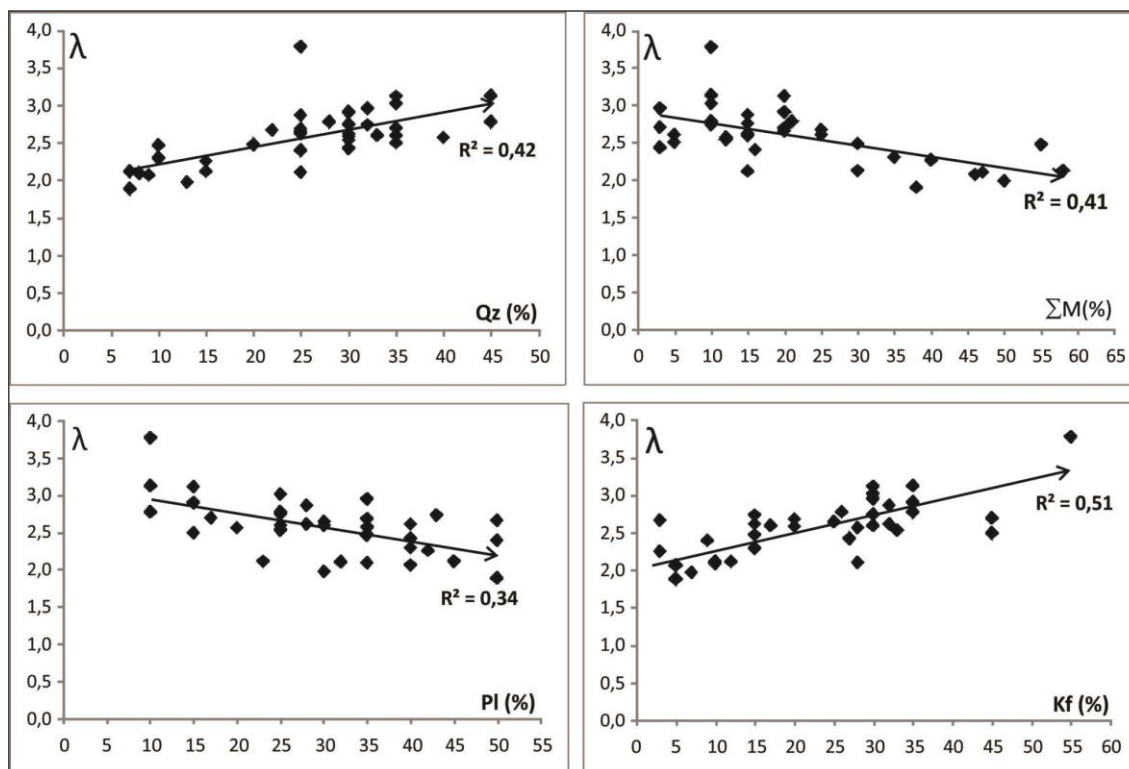


Figura 5 - Diagramas de condutividade térmica para quartzo (Qz), minerais máficos (ΣM), plagioclásio (Pl) e K-feldspato (Kf) para as rochas equigranulares finas/médias.

O terceiro grupo de amostras, os ***gnaisse indiferenciados*** de granulação variada, é o que possui o menor número de amostras e menor variação composicional: quartzo entre

20 e 40% modal e minerais máficos entre 10-30% modal, o que gera gráficos no geral com alta dispersão nos dados (Fig. 6).

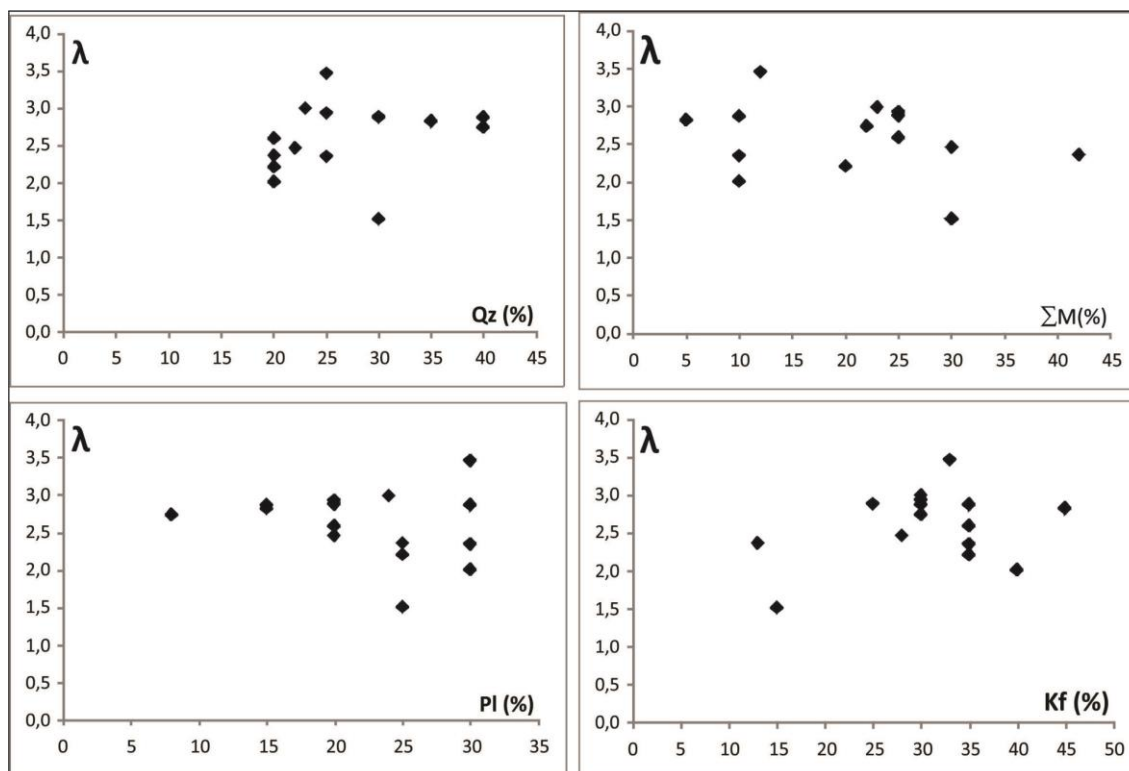


Figura 6 - Diagramas de condutividade térmica para quartzo (Qz), minerais máficos (ΣM), plagioclásio (Pl) e K-feldspato (Kf) para os gnaisses indiferenciados de granulação variada.

Composição Modal versus Densidade

Da mesma forma que no caso da condutividade térmica, para a densidade foram construídos diagramas de variação das porcentagens modais de quartzo, plagioclásio, K-feldspato e do somatório de minerais máficos (biotita, anfibólio, titanita, epidoto, allanita e minerais opacos, essencialmente).

Analisando todo o conjunto de dados verifica-se que as medidas de densidade variam dentro os valores de 2,626 até 2,898 g/cm³ (Tabela1). Os gráficos construídos para todo o conjunto de amostras (Fig. 7) mostram, no geral, coerentes relações

entre a variação da densidade e a composição mineralógica das rochas analisadas, além de índices de correlação linear significativos. Para quartzo e K-feldspato esta correlação é negativa, para os minerais máficos é fortemente positiva e para o plagioclásio observa-se dispersão.

Os gráficos para cada um dos três distintos grupos de amostras seguem o mesmo padrão de correlação. O primeiro grupo de amostras, as **rochas porfíricas**, apresenta densidades variando de 2,626 a 2,839 g/cm³, e diagramas novamente com correlação negativa para quartzo e K-feldspato, positiva para os minerais máficos e dispersão para o plagioclásio (Tabela 1, Fig. 8).

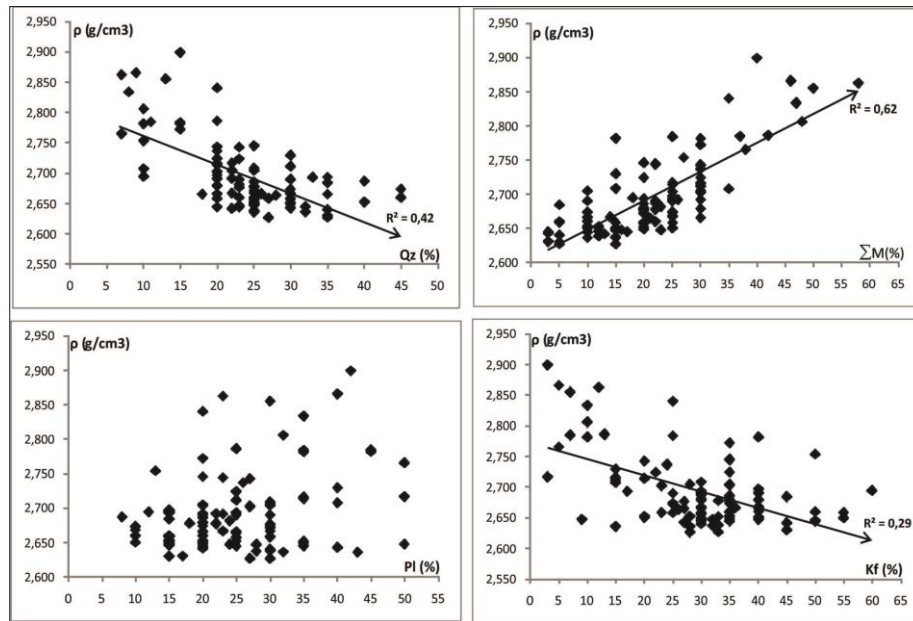


Figura 7 - Diagramas de densidade para quartzo (Qz), minerais máficos (ΣM), plagioclásio (Pl) e K-feldspato (Kf) para todo o conjunto de amostras estudado.

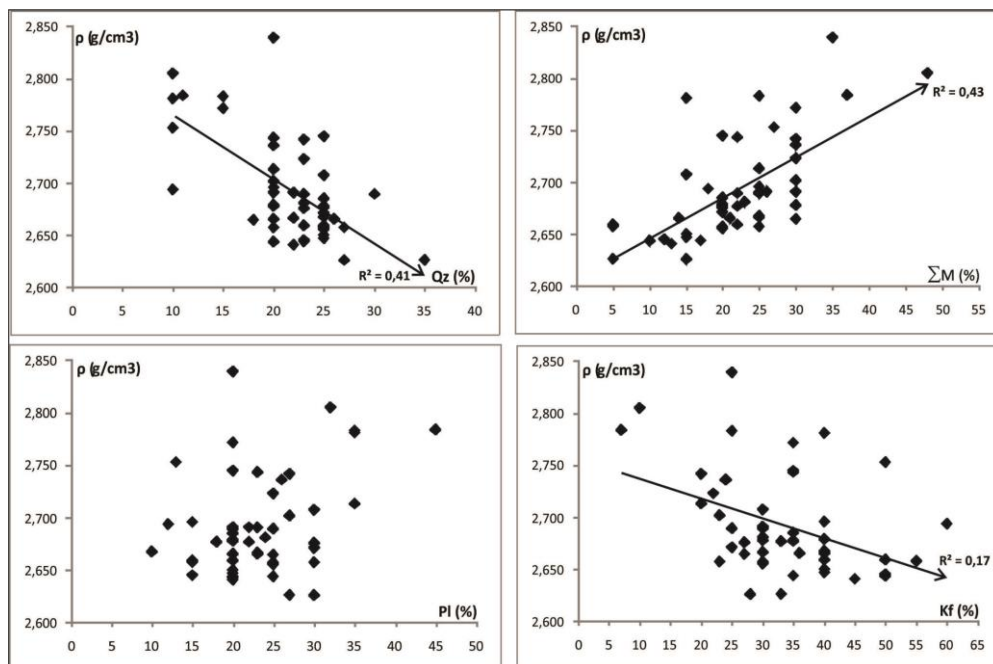


Figura 8 - Diagramas de densidade para quartzo (Qz), minerais máficos (ΣM), plagioclásio (Pl) e K-feldspato (Kf) para as rochas porfiríticas.

Para as **rochas equigranulares finas/médias**, o grupo que apresenta maior variação nas medidas de densidade, provavelmente devido à maior variação composicional de suas amostras, notadamente no que

concerne seus teores de minerais máficos, os valores de densidade variam no intervalo de 2,630 até 2,898 g/cm³, e os diagramas de correlação repetem o padrão das **rochas porfiríticas** (Tabela 1, Fig. 9).

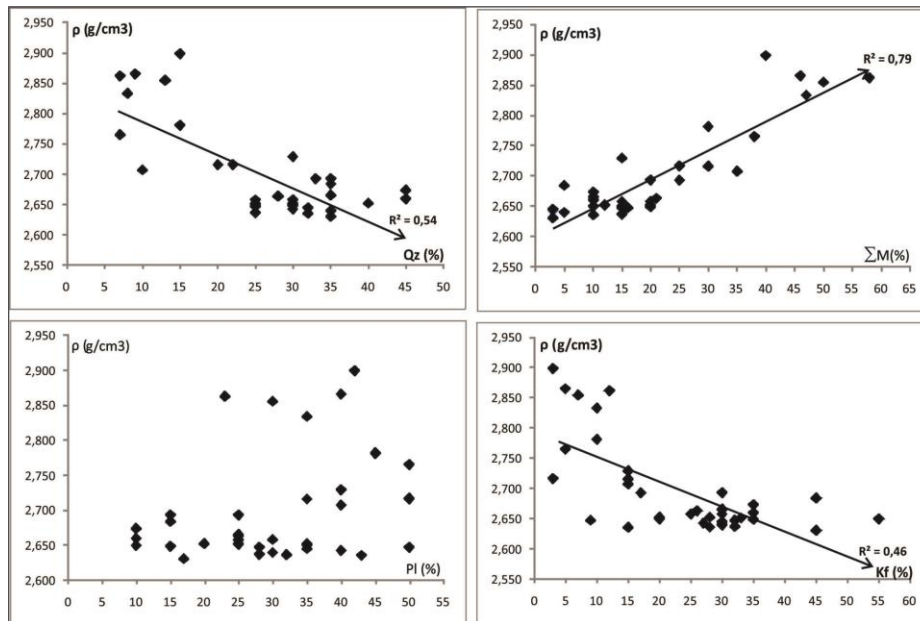


Figura 9 - Diagramas de densidade para quartzo (Qz), minerais máficos (ΣM), plagioclásio (Pl) e K-feldspato (Kf) para as rochas equigranulares finas/médias.

Já para o grupo dos **gnaisse indiferenciados** de granulação variada, o que apresenta menor volume de dados e mostra menor variação de densidade, com valores entre 2,638 e

2,785 g/cm³, os diagramas de correlação tendem a dispersão, apenas com os minerais máficos definindo uma correlação positiva (Tabela 1, Fig.10).

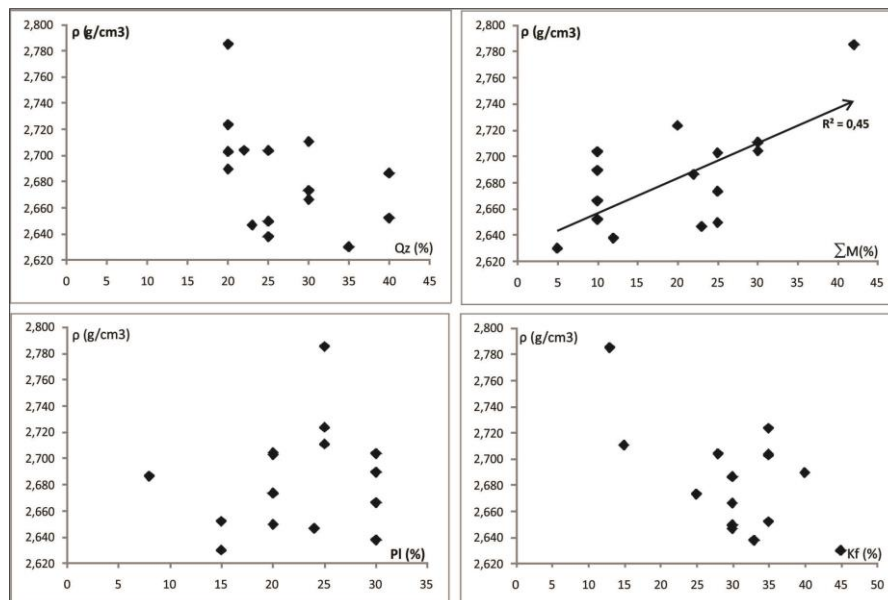


Figura 10 - Diagramas de densidade para quartzo (Qz), minerais máficos (ΣM), plagioclásio (Pl) e K-feldspato (Kf) para os gnaisse indiferenciados de granulação variada.

Composição Modal versus Susceptibilidade magnética

Para esta propriedade foram considerados apenas os minerais máficos, haja vista, que apenas minerais ferromagnéticos têm influência sobre a mesma. Desta forma foram construídos diagramas para biotita, anfibólio, titanita e o conjunto dos minerais opacos (são estes os

minerais máficos dominantes em todas as rochas estudadas). No geral os diagramas construídos mostram forte dispersão das amostras, e apenas para o caso do conjunto das **rochas equigranulares finas/médias** (Fig. 11) é que se observa uma correlação positiva para o caso do diagrama dos minerais opacos.

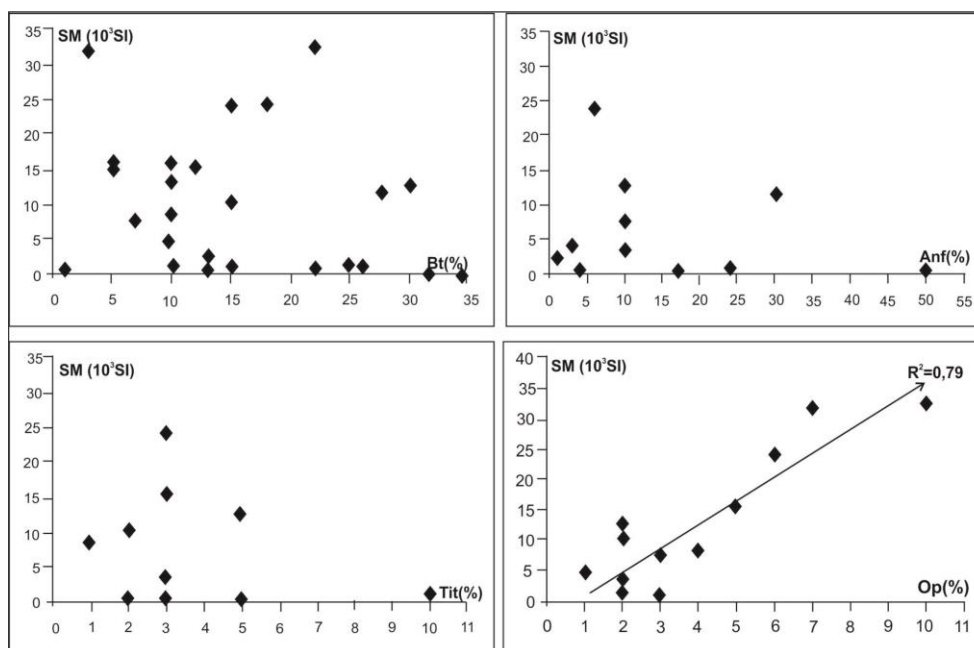


Figura 11 - Diagramas de susceptibilidade magnética para os minerais máficos biotita (Bt), anfibólio (Anf), titanita (Tit) e opacos (Op) para as rochas equigranulares finas/médias.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

No tocante as propriedades físicas consideradas (condutividade térmica, densidade e susceptibilidade magnética), os diagramas aqui apresentados mostram que é nítido o controle das mesmas pela composição modal das rochas, porém não se descartando a influência de aspectos texturais das rochas no comportamento das propriedades em questão.

Para a condutividade térmica os diagramas sempre mostram uma boa correlação positiva com quartzo e negativa para os minerais máficos,

enquanto que para os feldspatos há uma tendência a dispersão ou fracas correlações, positiva para o K-feldspato e negativa para o plagioclásio, tendências estas já observadas em trabalhos anteriores (Figueiredo 2006, Figueiredo *et al.* 2008). Esta tendência positiva para o quartzo é função aos altos valores de condutividade térmica para este mineral, valores de $W/mK > 7,0$, enquanto os minerais máficos (biotita, anfibólio, epídoto etc) têm no geral baixos valores de condutividade térmica, sempre menores do que 3,0

W/mK (vide Horai 1971, por exemplo). Dessa forma, os valores de condutividade térmica para cada mineral e sua participação na compo-

sição modal das amostras explicariam as tendências encontradas nos diagramas de correlação construídos.

Tabela 1- Composição modal e parâmetros petrofísico das rochas estudadas. Obs: SM –susceptibilidade magnética; M- máficos (biotita, hornblenda, titanita, minerais opacos, epídoto e allanita, essencialmente).

	Unidade	Quartzo(%)	K-feldspato(%)	Plagioclásio(%)	Máficos(%)	SM	Densidade	Condutividade
CEBP-001	Granito Porfiritico	18	27	25	30	0,95	2,664	2,34
CEBP-002	Granito Porfiritico	23	22	25	30	5,08	2,723	2,54
CEBP-003	Granito Porfiritico	25	30	25	20	2,70	2,656	3,12
CEBP-004	Granito Porfiritico	20	30	20	30	3,93	2,691	2,40
CEBP-005	Granito Porfiritico	22	30	22	26	3,41	2,691	2,26
CEBP-006	Granito Porfiritico	20	30	25	25	5,40	2,657	2,55
CEBP-007	Granito Porfiritico	20	23	27	30	10,30	2,702	2,58
CEBP-008	Granito Porfiritico	25	40	20	15	2,05	2,647	2,94
CEBP-009	Granito Porfiritico	23	20	27	30	1,14	2,742	2,43
CEBP-010	Granito Porfiritico	10	60	12	18	4,59	2,694	2,13
CEBP-011	Granito Porfiritico	23	50	15	12	3,56	2,645	2,65
CEBP-012	Granito Porfiritico	26	40	20	14	2,41	2,665	2,79
CEBP-013	Granito Porfiritico	23	27	30	20	2,31	2,676	2,72
CEBP-014	Granito Porfiritico	20	50	20	10	14,40	2,643	2,67
CEBP-015	Granito Porfiritico	20	24	26	30	16,20	2,736	2,43
CEBP-016	Granito Porfiritico	15	35	20	30	0,99	2,771	2,16
CEBP-017	Granito Porfiritico	10	50	13	27	0,74	2,753	2,20
CEBP-018	Granito Porfiritico	20	35	23	22	0,68	2,743	2,28
CEBP-019	Granito Porfiritico	20	40	15	25	0,64	2,696	2,56
CEBP-020	Granito Porfiritico	23	35	25	17	0,61	2,644	2,99
CEBP-021	Granito Porfiritico	25	40	10	25	4,05	2,667	2,78
CEBP-022	Granito Porfiritico	25	35	20	20	2,01	2,685	2,80
CEBP-023	Granito Porfiritico	10	10	32	48	5,22	2,805	2,44
CEBP-024	Granito Porfiritico	20	40	20	20	18,60	2,679	3,49
CEBP-025	Granito Porfiritico	20	30	20	30	12,50	2,678	2,34
CEBP-026	Granito Porfiritico	20	25	20	35	1,05	2,839	1,85
CEBP-027	Granito Porfiritico	20	36	23	21	3,91	2,665	2,63
CEBP-028	Granito Porfiritico	22	45	20	13	3,91	2,641	2,76
CEBP-029	Granito Porfiritico	25	35	20	20	8,18	2,678	2,02
CEBP-030	Granito Porfiritico	23	30	25	22	5,54	2,689	1,88
CEBP-031	Granito Porfiritico	25	40	20	15	12,80	2,650	2,41
CEBP-032	Granito Porfiritico	23	40	15	22	0,32	2,659	2,90
CEBP-033	Granito Porfiritico	25	33	22	20	4,53	2,677	2,62
CEBP-034	Granito Porfiritico	25	35	20	20	27,30	2,745	2,63
CEBP-035	Granito Porfiritico	10	40	35	15	16,10	2,781	2,08
CEBP-036	Granito Porfiritico	15	25	35	25	27,20	2,783	2,19
CEBP-037	Granito Porfiritico	11	7	45	37	6,18	2,784	1,97
CEBP-038	Granito Porfiritico	22	30	23	25	12,00	2,690	2,96
CEBP-039	Granito Porfiritico	23	30	24	23	10,70	2,681	2,92
CEBP-040	Granito Porfiritico	35	33	27	5	6,05	2,626	3,34
CEBP-041	Granito Porfiritico	25	55	15	5	11,90	2,658	2,96
CEBP-042	Granito Porfiritico	25	50	20	5	8,75	2,659	2,91
CEBP-043	Granito Porfiritico	25	30	30	15	0,76	2,707	2,36
CEBP-044	Granito Porfiritico	30	25	20	25	11,80	2,689	2,34
CEBP-045	Granito Porfiritico	25	35	18	22	12,70	2,677	2,71
CEBP-046	Granito Porfiritico	27	23	30	20	7,82	2,657	2,76
CEBP-047	Granito Porfiritico	22	30	23	25	7,38	2,666	2,66
CEBP-048	Granito Porfiritico	25	25	30	20	2,75	2,671	2,92
CEBP-049	Granito Porfiritico	27	28	30	15	4,69	2,626	2,79
CEBP-050	Granito Porfiritico	20	20	35	25	3,28	2,713	2,46

Tabela 1: Continuação

CEBP-051	Granito Fino-Médio	25	55	10	10	31,80	2,649	3,78
CEBP-052	Granito Fino-Médio	33	17	25	25	15,30	2,692	2,60
CEBP-053	Granito Fino-Médio	7	5	50	38	1,20	2,764	1,89
CEBP-054	Granito Fino-Médio	22	3	50	25	0,48	2,716	2,67
CEBP-055	Granito Fino-Médio	25	32	28	15	1,04	2,636	2,62
CEBP-056	Granito Fino-Médio	30	33	25	12	4,51	2,651	2,54
CEBP-057	Granito Fino-Médio	25	25	30	20	10,20	2,657	2,65
CEBP-058	Granito Fino-Médio	35	30	25	10	13,00	2,665	3,02
CEBP-059	Granito Fino-Médio	20	15	35	30	24,20	2,715	2,48
CEBP-060	Granito Fino-Médio	30	20	35	15	7,69	2,649	2,59
CEBP-061	Granito Fino-Médio	32	15	43	10	7,54	2,635	2,74
CEBP-062	Granito Fino-Médio	15	3	42	40	32,60	2,898	2,26
CEBP-063	Granito Fino-Médio	30	30	25	15	8,35	2,657	2,75
CEBP-064	Granito Fino-Médio	8	10	35	47	0,66	2,833	2,10
CEBP-065	Granito Fino-Médio	7	12	23	58	11,60	2,862	2,12
CEBP-066	Granito Fino-Médio	9	5	40	46	0,81	2,865	2,07
CEBP-067	Granito Fino-Médio	30	27	40	3	4,21	2,642	2,43
CEBP-068	Granito Fino-Médio	10	15	40	35	0,32	2,707	2,30
CEBP-069	Granito Fino-Médio	25	9	50	16	3,47	2,647	2,40
CEBP-070	Granito Fino-Médio	40	28	20	12	0,09	2,652	2,57
CEBP-071	Granito Fino-Médio	30	35	15	20	0,18	2,648	2,91
CEBP-072	Granito Fino-Médio	10	0	35	55	0,68	2,970	2,47
CEBP-073	Granito Fino-Médio	25	20	35	20	0,22	2,651	2,69
CEBP-074	Granito Fino-Médio	25	32	28	15	0,16	2,646	2,87
CEBP-075	Granito Fino-Médio	13	7	30	50	12,60	2,854	1,98
CEBP-076	Granito Fino-Médio	25	28	32	15	0,46	2,635	2,11
CEBP-077	Granito Fino-Médio	32	30	35	3	0,07	2,644	2,96
CEBP-078	Granito Fino-Médio	45	35	10	10	0,54	2,659	3,13
CEBP-079	Granito Fino-Médio	45	35	10	10	15,70	2,673	2,78
CEBP-080	Granito Fino-Médio	30	15	40	15	2,47	2,728	2,62
CEBP-081	Granito Fino-Médio	35	30	15	20	1,41	2,693	3,12
CEBP-082	Granito Fino-Médio	35	30	30	5	16,10	2,639	2,60
CEBP-083	Granito Fino-Médio	35	45	15	5	15,20	2,683	2,50
CEBP-084	Granito Fino-Médio	28	26	25	21	23,90	2,663	2,78
CEBP-085	Granito Fino-Médio	15	10	45	30	1,44	2,781	2,12
CEBP-086	Granito Fino-Médio	35	45	17	3	2,10	2,630	2,70
CEBP-087	Gnaiss indiferenciados	25	33	30	12	0,84	2,638	3,46
CEBP-088	Gnaiss indiferenciados	40	30	8	22	10,20	2,686	2,74
CEBP-089	Gnaiss indiferenciados	30	25	20	25	1,66	2,673	2,88
CEBP-090	Gnaiss indiferenciados	25	30	20	25	2,17	2,649	2,93
CEBP-091	Gnaiss indiferenciados	40	35	15	10	2,38	2,652	2,87
CEBP-092	Gnaiss indiferenciados	20	35	20	25	38,10	2,703	2,59
CEBP-093	Gnaiss indiferenciados	23	30	24	23	0,43	2,646	2,99
CEBP-094	Gnaiss indiferenciados	25	35	30	10	0,30	2,704	2,35
CEBP-095	Gnaiss indiferenciados	20	40	30	10	0,44	2,689	2,01
CEBP-096	Gnaiss indiferenciados	22	28	20	30	0,51	2,704	2,46
CEBP-097	Gnaiss indiferenciados	30	15	25	30	0,26	2,710	1,51
CEBP-098	Gnaiss indiferenciados	30	30	30	10	0,15	2,666	2,87
CEBP-099	Gnaiss indiferenciados	35	45	15	5	1,63	2,629	2,82
CEBP-100	Gnaiss indiferenciados	20	13	25	42	0,44	2,785	2,36
CEBP-101	Gnaiss indiferenciados	20	35	25	20	1,58	2,723	2,21

Já ausência de correlações, ou ainda correlações não muito fortes, negativas ou positivas, apresentadas pelos feldspatos, está ligada essencialmente as variações modais dos mesmos nas rochas, além de possíveis variações composicionais inerentes a estes minerais (vide Horai & Simmons 1969, por exemplo). De modo geral há um aumento de plagioclásio concomitante a um aumento de minerais máficos nas rochas, da mesma forma que um aumento de K-feldspato concomitante ao aumento de quartzo (vide diagrama QAP, Fig. 2). Isto pode explicar as correlações negativas para plagioclásios, similares ao observado nos minerais máficos, e as correlações positivas vistas para o K-feldspato similar ao visto para o quartzo, para o conjunto total de amostras e mesmo para só as amostras do conjunto das rochas equigranulares fina/média, aquele com maior variação modal no diagrama QAP (vide Figs. 2, 3 e 5).

No caso da densidade observa-se nos diagramas aqui apresentados um espelho do que se vê para a condutividade térmica, ou seja, correlação negativa para quartzo, positiva para os minerais máficos, e novamente dispersão ou fracas correlações para os feldspatos (aqui tendência positiva para plagioclásio e negativa para K-feldspatos). Isto já era de se esperar, haja vista que minerais félsicos, notadamente o quartzo têm baixa densidade, e minerais máficos, ricos em Fe, Mg, Ti e Ca, têm altos valores de densidade.

A susceptibilidade magnética apresenta no geral valores muitos variados e sempre com dispersão nos diagramas de correlação linear, a exceção dos minerais opacos para as rochas equigranulares de textura fina/média. Este parâmetro é ditado essencialmente pelos minerais ferromagnéticos, principalmente a

magnetita. Esta forte dispersão observada nos diagramas de correlação linear reflete então a distribuição errática de magnetita nessas rochas. Considerando que as rochas equigranulares de textura fina/média são as de mais ampla variação modal, desde rochas máficas a félsicas (dioritos a sienogranitos), é de se esperar uma melhor distribuição dos teores de minerais opacos refletindo-se na correlação positiva encontrada para estas rochas.

Por fim, destacamos aqui que este é um trabalho pioneiro no trato das relações petrográficas e medidas efetivas de variados parâmetros petrofísicos (condutividade térmica, densidade e susceptibilidade magnética), envolvendo rochas silicáticas cristalinas no Domínio Rio Grande do Norte. Estes dados têm importância no caso da determinação de fluxo térmico, regime termal crustal (inclusive com implicações nos modelos calculados para geração de hidrocarbonetos em bacias sedimentares), com a medida da condutividade térmica; na discussão sobre a composição e mesmo sobre inferências relativas à espessura de crosta na região, caso dos valores de densidades e susceptibilidade magnética. De outra forma, estes dados podem ser usados ainda como marcadores de diferentes suítes magmáticas (vide Fillippi 2011- 2014, por exemplo).

Agradecimentos

Os autores agradecem ao projeto “Parametrização de Afloramentos do Embasamento Cristalino da Bacia Potiguar Para Estudos de Condutividade Térmica”, com apoio financeiro da PETROBRAS/ANP, pela aquisição dos dados que tornaram possível este trabalho.

REFERÊNCIAS

- Almeida, F. F. M.; Leonardos JR., O. H.; Valença, J.(1967) Granitic rocks of Northeast South America. In:International Union of Geological Sciences, Recife, 1967. Recife, IUGS/UNESCO. 37 p.
- Angelim, L.A.A., Medeiros, V.C., Nesi, J.R. 2006. Programa Geologia do Brasil - PGB. Projeto Mapa Geológico e de Recursos Minerais do Estado do Rio Grande do Norte. Mapa Geológico do Estado do Rio Grande do Norte. Escala 1:500.000. Recife: CPRM/FAPERN, 2006.
- Assunção, A. L. C, 2010. Petrografia e Propriedades Físicas de Corpos Granitóides Paleoneoproterozóicos Pertencentes ao Embasamento da Bacia Potiguar. Relatório de Graduação nº 299, UFRN, p. 51.
- Ferreira V.P., Sial A.N., Jardim de Sá E.F. 1998. Geochemical and isotopic signatures of the Proterozoic granitoids interrenes of the Borborema Province, northeastern Brazil. J. South A. Earth Sci., 11(5):439-455.
- Figueiredo E. R. H. 2006. Condutividade Térmica de Rochas: Uma aplicação para Granitos Ornamentais. Dissertação de Mestrado nº 55/PPGG, UFRN, p. 91.
- Figueiredo E. R. H., Galindo, A.C., Moreira, J.A.M., Lins, F.A.P.L. 2008 Condutividade térmica em rocha silicáticas cristalinas com ênfase a rochas graníticas da Província Borborema, NE do Brasil, e sua correlação com parâmetros petrográficos e texturais. Revista Brasileira de Geofísica, vol. 26(3):293-307.
- Figueiredo E. R. H., Galindo, A.C.,Lins, F.A.P.L., Moreira, J.A.M. 2009 Condutividade térmica em rocha silicáticas cristalinas e sua correlação com geoquímica de elementos maiores. Estudos Geológicos, vol. 19(1):55-68.
- Fillippi, R.R. 2011 Geoquímica de elementos maiores e alguns traços de granitóides ediacaranos-cambrianos dos domínios rio grande do norte e médio coreaú e sua correlação com propriedades físicas de rochas. Relatório de Graduação em Geologia, Curso de Geologia da UFRN. p66.
- Fillippi, R.R. 2014 Geoquímica de elementos maiores e traços de granitoides neoproterozoicos da Província Borborema e sua correlação com propriedades físicas de rochas. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Geodinâmica e Geofísica-UFRN. p106.
- França, D.T. 2011 Modelos de condutividade térmica para rochas do embasamento cristalino. Relatório de Graduação em Geofísica nº15, UFRN, p.68.
- Horai, Ki-iti, e Simmons, G., 1969. Thermal Conductivity of Rock-Forming Minerals Earth and Planetary Science Letters, 6:359-368.
- Horai, Ki-iti, 1971. Thermal Conductivity of Rock-Forming Minerals". Journ Geophys. Research, 76, NO. 5, 1278-1308.
- Hrouda et al. 2009. The Use of Magnetic Susceptibility of Rocks in Geological Exploration (case histories study). Brno.
- Jardim de Sá E.F., Legrand J.M., McReath 1.1981. "Estratigrafia" de rochas granitóides na região do Seridó (RN-PB) com base em critérios estruturais. Rev. Bras. Geoc.,11:50-57.
- McReath I.; Galindo, A.C.; Dall'Agnol, R. 2002. The

- Umarizal igneous association, Borborema Province, NE Brazil: implications for the genesis of A-type granites. *Gondwana Research*, 5: 339-353.
- Nascimento, M. A. L. ; Antunes, A. F. ; Galindo, A. C. ; Sá, E. F. J. ; Souza, Z. S. 2000 Geochemical signature of the Brasiliano-age plutonism in the Seridó Belt, Northeastern Borborema Province (NE Brazil). *Revista Brasileira de Geociências*, Rio de Janeiro, v. 30, n. 1, p. 161-164.
- Nascimento, M.A.L.; Medeiros, V.C.; Galindo, A.C. 2008. Magmatismo Ediacarano a Cambriano no Domínio Rio Grande do Norte, Província Borborema, NE do Brasil. *Estudos Geológicos*, 18(1): 4-29.
- Oliveira, M.T.D., 2011. Caracterização Petrográfica e Propriedades Físicas de Rochas Ortoderivadas e de Granitóides do Embasamento Cristalino da Bacia do Ceará (NE do Brasil). Relatório de Graduação nº 315, UFRN, p. 105
- Schön J.H. 1996. Physical Properties of Rocks: Fundamentals and principles of petrophysics. Ed. Pergamon. Cap. 8, p. 323-378.
- Sial, A.N. 1986. Granite-types in Northeast Brazil: Current knowledge. *Revista Brasileira de Geociências*, 16(1):54-72.
- Streckeisen AL. 1976. To Each Plutonic Rock its Proper Name. *Earth Sci. Rev.*, 12: 1-33.