

NOTÍCIA

A Diretoria da Sociedade Brasileira de Geologia – Núcleo Norte lançou um livro que leva por título *Contribuições à Geologia da Amazônia*, sob a coordenação de Marcondes Lima da Costa e Rômulo Simões Angélica, com apoio da FINEP da SBG. O livro reúne os 14 melhores trabalhos apresentados durante o V Simpósio de Geologia da Amazônia, os quais abrangem os mais variados temas. A coletânea contém artigos que divulgam os resultados de estudos sobre a evolução geológica da Amazônia, características de

importantes depósitos minerais de Amazônia, como os das províncias de Carajás, Tapajós e Capim, petrologia, processos do Quaternário, arqueologia e impacto ambiental resultante de ocupação e expansão urbana. O livro está à disposição dos interessados ao preço de R\$ 10,00 (dez Reais), mais despesas postais, e pode ser solicitado por meio do FAX (091)-226-3716 da SBG-NO, ou pelo e-mail angelica@ufpa.br.

RESUMOS DE TESES

CONTRIBUIÇÃO A PETROLOGIA E GEOQUÍMICA DO MAGMATISMO BASÁLTICO MESOZÓICO DA PORÇÃO NORDESTE DO ESTADO DE RORAIMA

ANGELA BEATRIZ DE MENEZES LEAL

Av. Eng. Heitor Antonio Eiras Garcia, 4455 apto. 261 -Jardim Rosa Maria – Butantã – São Paulo - CEP: 05564-100

O magmatismo basáltico mesozóico da porção nordeste do estado de Roraima, presente no Escudo das Guianas, compreende rochas de caráter intrusivo (diques máficos) e extrusivos (derrames basálticos) pertencentes a Suíte Básica Apoteri. Os diques máficos (DM) intrudem unidades geológicas pré-cambrianas, são orientados predominantemente N40-50E e NNE-SSW, possuem espessuras que variam de poucos centímetros a centenas de metros (predomínio entre 3-8 metros) e extensões variáveis. Os derrames basálticos (DE) dispõem-se em colinas e pequenos morros e correspondem a basaltos maciços a amigdaloidais.

Os DM são caracterizados por apresentar texturas ofíticas a subofíticas, tendo como minerais predominantes plagioclásio (An₄₃₋₇₀) e piroxênios [augita (Wo₃₁₋₄₂), ortopiroxênio (Wo₁₋₄) e pigeonita (Wo₁₀₋₁₆)]. Quartzo forma intercrescimento gráfico com feldspato alcalino. Minerais opacos, anfíbio (ferro-hornblenda e ferro-actinolita-hornblenda), biotita e apatita como minerais acessórios. Os DE apresentam texturas integrular a intersertal, predominando o plagioclásio (bastante saussuritizado/sericitizado) e piroxênio augita (Wo₃₄₋₄₀) comumente bordejado por clorita e rara pigeonita (Wo₉₋₁₁). Minerais opacos e apatita constituem os minerais acessórios. O material intersticial comum é o vidro e quando as amígdalas estão presentes são preenchidas por quartzo, carbonato, apatita e zeólitas.

As temperaturas obtidas para a cristalização dos piroxênios e plagioclásio (DM e DE) nos leva a admitir que o magma atingiu, no mínimo, temperaturas da ordem de 1110°C.

Os DM são predominantemente basaltos toleíticos a andesi-basaltos e os DE são representados por andesi-basalto e lati-basaltos.

Geoquimicamente, os DM possuem valores de mg# [$Mg^{+2}/(Mg^{+2}+Fe^{+2})$; Fe₂O₃/FeO=0.15] variando de 0.37 a 0.57, representando portanto magmas evoluídos. Com a evolução magmática observa-se empobrecimento de CaO, Al₂O₃, Cr, Ni e Sc e enriquecimento de SiO₂, TiO₂, FeO, K₂O, Na₂O, P₂O₅ e elementos incompatíveis. Os padrões de terras raras (TR) normalizadas para condritos mostram um moderado enriquecimento de TR leves em relação as TR pesadas. Os valores de (La/Yb)_n variam de 2.43 a 4.48 (média de 3.41±0.85) os de (La/Sm)_n de 1.87 a 2.71 (média de 2.19±0.36) e de (Sm/Yb)_n de 1.25 a 1.78 (média de 1.54±0.16). O Zr versus elementos incompatíveis indica fonte relativamente homogênea e que os DM foram originados por cristalização fracionada. Cálculo de balanço de massa (elementos maiores) mostra que a passagem dos DM menos evoluídos para os mais evoluídos é com-

patível com o modelo de cristalização fracionada do tipo gabro com fracionamento de plagioclásio e piroxênio, bem como para os elementos traços e terras raras (fracionamento de Rayleigh) que demonstrou diferenças mínimas entre as concentrações dos elementos observados e calculados a exceção do Cr e Ni.

Em relação aos DE, os valores de mg# [$Mg^{+2}/(Mg^{+2}+Fe^{+2})$; Fe₂O₃/FeO=0.15] variam de 0.45 a 0.53 e possuem comportamento geoquímico dos elementos maiores, traços e terras raras bastante semelhantes aos DM, exceto para o K₂O, Na₂O e H₂O que mostram valores um pouco mais elevados, provavelmente associado a presença de zeólitas nas amígdalas. Razões (La/Yb)_n variam de 3.48 e 3.72 (média de 3.64 ± 0.11), (La/Sm)_n entre 2.21 e 2.39 (média de 2.22 ± 0.09) e (Sm/Yb)_n entre 1.55 e 1.66 (média de 1.61 ± 0.04). Através dos diagramas de elementos maiores, menores e traços verifica-se que o processo de cristalização fracionada é compatível com o processo evolutivo destas rochas.

O padrão de distribuição dos elementos incompatíveis normalizados para o manto primitivo tanto para os DM como para os DE mostra padrão mais enriquecido em Rb em relação ao K e Ba e nestes elementos em relação a todos os outros incompatíveis. Possuem altas razões Rb/Sr e são fortemente empobrecidos em Nb e Ti.

O conjunto de dados isotópicos K-Ar referenciados na literatura revela picos de idades em torno de 200Ma para os DM e de 150Ma para os DE. De outra parte dados isotópicos Rb-Sr produziram idades de 311 ± 40Ma (1σ) e razão ⁸⁷Sr/⁸⁶Sr inicial (Sr_i) em torno de 0.707 para os DM e idade de 136 ± 13Ma (1σ) com razão inicial ⁸⁷Sr/⁸⁶Sr (Sr_i) de 0.710 para os DE.

A evolução isotópica do Sr e Nd indica que os DM e os DE foram derivados de uma fonte mantélica enriquecida comparativamente a "Terra Global" e que fenômenos de contaminação crustal estiveram presentes na formação destas rochas. A correlação entre as razões iniciais ⁸⁷Sr/⁸⁶Sr e ¹⁴³Nd/¹⁴⁴Nd e SiO₂, K₂O, Rb/Sr, Ba, La/Yb e mg# evidenciam este fato.

Considerando as amostras menos contaminadas e recalculando-as para possíveis composições "primitivas" de um magma tipo olivina toleítico (mg# 0.86-0.88) observa-se que seriam necessários graus de fusão em torno de 10% para gerar os DM e DE. Atribuindo-se 10% de grau de fusão para a geração destas rochas, a fonte mantélica seria enriquecida em elementos LILE (K, Rb e Ba) e ETR leves (La e Ce) e empobrecida em Nb e Ti.

between 3 and 8 m, while lengths are very variable. The basaltic flows (DE) are massive and amygdaloid anf from small hills.

The DM have subophitic to ophiitic textures. The predominant minerals are plagioclase (An₄₃₋₇₀) and pyroxenes (augite (Wo₃₁₋₄₂), orthopyroxene (Wo₁₋₄) and pigeonite (Wo₁₀₋₁₆)). Quartz occurs in

The mesozoic basaltic magmatism of the northeastern of the State of Roraima within the Guiana Shield is formed by dykes and flows of the Apoteri Basic Suite. The mafic dykes (DM) intrude precambrian rocks and are predominantly oriented N40-50E and NNE-SSW. Widths vary from a few cm to hundreds of m, with a predominance

graphic intergrowth with alkali feldspar. Opaques minerals, amphibole (ferrohornblende and ferro-actinolitic hornblende), biotite and apatite are accessory minerals. The DE have intergranular to interstitial textures, with sericitized/sausrutitized plagioclase and augite (W034.40) often with chlorite borders as the predominant minerals accompanied by scarce pigeonite (W09.11). The accessories are opaque minerals and apatite. Interstitial glass is common, and amygdalae are filled by quartz, carbonate minerals, apatite and zeolites.

Crystallization temperatures obtained for pyroxenes and plagioclase in DM and DE reveal a minimum temperature of about 1110°C.

The DM are mainly tholeiitic basalts and andesi-basalts while the DE are andesi-basalts or latit-basalts.

DM have mg# ($Mg^{+2}/Mg^{+2}+Fe^{+2}$; $Fe_2O_3/FeO=0.15$) values between 0.37 and 0.57 and are therefore evolved types. During differentiation, CaO, Al_2O_3 , Cr, Ni and Sc decrease while SiO_2 , TiO_2 , Na_2O , K_2O , P_2O_5 and incompatible elements increase. Condrite-normalized rare earth element (REE) patterns show moderate enrichment of the light REE relative to the heavy REE. (La/Yb)_n values range between 2.43 and 4.88 (mean 3.41±0.85), (La/Sm)_n fall between 1.87 and 2.71 (mean 2.19±0.36), and (Sm/Yb)_n, between 1.25 and 1.78 (mean 1.54±0.16). Diagrams of incompatible elements vs Zr suggest that the source composition was relatively homogeneous and that DM formed by fractional crystallization. Mass balance calculation for the major elements show that fractionation of gabbro (plagioclase+pyroxene) is adequate to produce the DM suite, while Rayleigh fractionation of most trace elements including REE but excluding Cr and Ni results in minimal differences between observed and calculated compositions.

Values of mg# in DE range between 0.45 and 0.53. The geochemical behavior of the major and trace elements is similar to that observed in DM, except K_2O , Na_2O and H_2O contents are slightly higher in DE, perhaps associated with the presence of zeolites in the amygdalae. (La/Yb)_n values are between 3.48 and 3.72 (mean 3.64±0.11), (La/Sm)_n are 2.21-2.39 (mean 2.22±0.09), and (Sm/Yb)_n are 1.55-1.66 (mean 1.61±0.04). Variation diagrams show that fractional crystallization could be the petrogenetic process involved.

Patterns of incompatible elements normalized to primitive mantle show that both DM and DE has enrichment of Rb relative to K and Ba, while these three elements are enriched relative to the other incompatible elements. Rb/Sr ratios are high, and the rocks are strongly impoverished in Nb and Ti.

Published K-Ar data reveal age frequency peaks around 200Ma for DM and 150Ma for DE. Rb-Sr data yielded and age 311±40Ma (1σ) and an initial $^{87}Sr/^{86}Sr$ ratio (Sri) of about 0.707 for DM and an age of 136±13Ma (1σ) with Sri=0.710 for DE.

The isotopic evolution of Sr and Nd show both DM and DE were derived from a mantle source which was enriched relative to the whole earth, and that crustal contamination also occurred in these rocks. Correlations between Sri, Ndi and SiO_2 , K_2O , Rb/Sr, Ba, La/Yb e mg# confirm this.

Using the least contaminated samples, and calculating possible primitive composition of olivine tholeiites (mg# 0.67-0.77) show that about 10% partial melting would yield DM and DE magmas. With this degree of melting, the mantle source would have to be enriched in LILE (K, Rb and Ba) and light REE (La and Ce), and impoverished in Nb and Ti.

* Resumo nº 545 - Tese de Doutorado - outubro de 1997 - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo

RECONSTITUIÇÃO PALEOAMBIENTAL DE FÁCIES LAGUNARES COM BASE EM FORAMINÍFEROS: O NÍVEL DO MAR NO QUATERNÁRIO SUPERIOR NA ÁREA DE CABO FRIO, RJ

CÁTIA FERNANDES BARBOSA

Rua Conrria 1500/1204A - CEP: 30430-460, Belo Horizonte, M.G. - Tel/fax: (031) 3712641; e-mail: cainho@gold.com.br

Dezesseis biofácies de foraminíferos e tecamebas foram definidas ao longo de 11 seções de verão (65 estações) e 10 seções de inverno (64 estações), na superfície atual das bordas praias das lagoas de Araruama, Saquarema e das lagoas Vermelha, Brejo do Espinho e Jacarepiá no Rio de Janeiro, sob regimes de salinidade diferenciados, caracterizando bioecozonas sazonalmente distintas. Estas biofácies permitem o reconhecimento em sub superfície de paleoambientes deposicionais e paleoníveis marinhos, com resolução variando em função de cada amplitude vertical e melhor potencial de preservação das espécies que as definem. Para a laguna de Araruama são definidas cinco biofácies, com pequena variação sazonal e baixa resolução, devido a grande amplitude topográfica em que ocorrem. Para as lagoas Vermelha e Brejo do Espinho são determinadas quatro biofácies de verão e três de inverno, com menores amplitudes e melhores potenciais de preservação. Para a laguna de Saquarema e lagoa de Jacarepiá são definidas três biofácies de foraminíferos e uma de tecamebas, sem variação sazonal aparente. Seis biofácies reconhecidas ao longo de três testemunhos marcam as bioecozonas supramaré, intermaré e inframaré. Uma das biofácies definidas para a bioecozona supramaré, e que apresenta a menor amplitude vertical de ocorrência (10 cm) dentre as biofácies registradas nos testemunhos, é caracterizada por *Discorinopsis aquayoi* e *Agglutinella martiniana*, apesar do baixo potencial de preservação.

As biofácies analisadas, em conjunto com a associação de litofácies, datações pelo método do radiocarbono e dados geoquímicos e isotópicos dos testemunhos indicam para o Quaternário Superior da área de Cabo Frio no Rio de Janeiro, um paleoambiente perimará, progressivamente mais raso, marcado por deposição carbonática e siliciclástica alternada e variável, e data de referência litofaciológico (paleossolo, níveis de conchas e crostas carbonáticas) com idades variando de 7.170 ± 110 anos A.P. a 760±80 anos A.P. Permitem o

reconhecimento de cinco fases evolutivas, às quais estão intimamente relacionadas às flutuações do nível relativo do mar.

Fase I - Idades de 7.170±110 anos A.P a 6.530±100 anos A.P., deposição siliciclástica arenosa com espécimens de *Ammonia* spp., *Criboelphidium excavatum* f. *selseyensis* e conchas de *Anomalocardia brasiliensis*, em conjunto com valores $\delta^{18}O$ e $\delta^{13}C$ muito negativos, indicam uma laguna ampla, com comunicação oceânica, mas com presença de ilha ou ilhas barreiras à frente.

Fase II - Idades de 5.790±90 anos A.P, 5.180±70 anos A.P e 4.320±100 anos A.P. A laguna se instala definitivamente, com diminuição na energia do meio físico, anóxico, marcada por *Ammonia* spp., *Criboelphidium* spp e *Bolivina* spp., variação na deposição siliciclástica com lama orgânica e menor taxa de sedimentação. Descontinuidade erosiva marca a transgressão do Holoceno (com ápice a 5.180 anos A.P.) indicada por *Globocassidulina subglobosa*, *Brizalina* sp.A, *Abditodentrix rhomboidalis* e *Bolivina sliteri asperoides*.

Fase III - Individualização das lagoas intercordão, oscilação na deposição siliciclástica passando definitivamente a carbonática no fim desta fase. A tendência regressiva é marcada pela passagem de fácies inframaré para intermaré e pelas espécies *Pseudotriloculina lecalvezeae*, *Affinetrina somneri*, *Discorinopsis aquayoi* e *Massilina protea*; o $\delta^{13}C$ indica maior continentalidade e queda do nível do mar. A bacia lagunar, antes de seu fechamento definitivo, foi invadida por águas muito frias há 2.400 ± 50 anos A.P provenientes da corrente de ressurgência adjacente, registrada pela presença de *Buccella frigida* e *Miliolinella antarctica*. Esta fase é marcada por associação de fácies perimará com nódulos carbonáticos e paleossolo a 2.340±90 anos A.P.

Fase IV - Litofácies carbonáticas de ambiente perimará raso, com tapetes algálicos, apresenta biofácies intermaré e supramaré pas-

sando para inframaré no fim desta fase; precipitados de anidrita e valores $\delta^{18}\text{O}$ ilustram paleotemperatura média superior a 20 °C. Os foraminíferos correspondem a *Agglutinella martiniana*, *D. aquayoi*, *Varidentella* sp. A, *Quinqueloculina dilatata*, *P. lecalvezae* e *Quinqueloculina patagonica*. *Triloculina lutea* marca a base desta fase mais quente e dutos de dissolução seguidos por laminação escurecida sugerem momento de cheia na laguna em direção ao final desta fase.

Fase V - Lama orgânica carbonática, bioturbada com presença de *P. lecalvezae*, *A. beccarii* f. *tepida*, *Q. patagonica*, *A. sommeri* e *Bolivina variabilis*, indicam salinidades acima da marinha normal, eventuais entrada de águas marinhas e baixos teores de oxigênio dissolvido.

Sixteen biofacies characterized by foraminifera and thecamoebians from 11 transections sampled in the summer (65 stations) and 10 transections sampled in the winter (64 stations), on the borders of five lagoons of Rio de Janeiro (Araruama, Saquarema, Vermelha, Brejo do Espinho and Jacarepiá) with distinct salinities indicate bioecozones influenced by seasonality through the surface of present lagoonal shores.

*The application of these biofacies to drill cores allows the recognition of depositional paleoenvironments and paleosea levels in subsurface, with resolutions varying as a function of vertical ranges and preservation potential of the species that determine the biofacies. Five biofacies are recognized in the Araruama lagoon, with little seasonal variation and low resolution, due to the large topographic range in which they occur. Four biofacies are represented in the summer samples of Vermelha and Brejo do Espinho lagoons, and three are recognized in the winter samples, with low ranges and good preservation potential. Three foraminiferal and one arcellacea biofacies, with no apparent seasonal variation, are present in the samples of Saquarema and Jacarepiá lagoons. Six biofacies in the core samples are characteristic of supratidal, intertidal and infratidal bioecozones. Of these, a biofacies defined for the lagoonal backshore/supratidal bioecozone has the lowest vertical range (10cm), being recognized in the Vermelha lagoon core, despite its low preservation potential composed of *Discorinopsis aquayoi* and *Agglutinella martiniana*.*

The lithofacies, radiocarbon dating, geochemical and isotopic data, when analyzed in comparison with the biofacies from the core samples indicate a peritidal shallowing upward association of facies for the late Holocene of the Cabo Frio region in Rio de Janeiro State. This paleoenvironment is characterized by variable carbonate and siliciclastic deposition and mean data lines (paleosols, shell beds and limy crusts) ranging in ages from 7,170±110 yrs B.P. to 760±80 yrs B.P.

The paleoenvironmental evolution is therefore divided in 5 main stages, intrinsically related to mean sea level fluctuations.

*Stage I - Ages ranging from 7,170±110 yrs B.P. to 6,530±100 yrs B.P., predominant siliciclastic sand deposition; values $\delta^{18}\text{O}$ and $\delta^{13}\text{C}$ extremely negative, *Anomalocardia brasiliensis* shells, specimens of *Ammonia* spp. and *Criboelphidium excavatum* f. *selseyensis*, characterize a huge lagoon with inlets, protected by one or more barriers islands.*

A análise dos testemunhos, em associação com as biofacies, permite a construção de três curvas de variação do nível relativo do mar, comparáveis entre si e com a curva de Martin et al. 1979, facilitando o cálculo do índice de sedimentação e índice de variação do nível relativo do mar para o Holoceno. Estas curvas evidenciam dois períodos de estabilidade ou subida do nível do mar (*stillstand* ou *highstand*) e mostram para os últimos centímetros do registro, uma inversão na tendência regressiva observada no Holoceno Superior.

*Stage II - Ages ranging from 5,790±90 yrs B.P. to 4,230±100 yrs B.P., main event of lagoonal setting, variable siliciclastic deposition with dominance of organic mud and low sedimentation rates, low energy, anoxic environment, characterized by *Ammonia* spp. *Criboelphidium* sp. and *Bolivina* spp. Bounding discontinuity flagging the Holocene transgression (highest at 5,180 yrs B.P.), marked by *Globocassidulina subglobosa*, *Brizalina* sp. A, *Abditodentrix rhomboidalis* and *Bolivina sliteri asperoides**

*Stage III - individualization of internal lagoons, oscillating siliciclastic deposition, grading towards carbonate deposition on the top of the stage. Peritidal facies association with carbonatic nodules and paleosol (2,434±90 yrs B.P). Regressive trend indicated by the gradation from infratidal to intertidal facies and by *Pseudotriloculina lecalvezae*, *Affinetrina sommeri*, *Discorinopsis aquayoi* e *Masilina protea*; $\delta^{13}\text{C}$ indicates greater continentality and lowering sea level. Before its final closing, the lagoonal basin was invaded by very cold waters at 2,400±50 yrs B.P., probably due to the adjacent upwelling current as registered by the presence of *Buccella frigida* and *Miliolinella antarctica*.*

*Stage IV - Shallow peritidal carbonatic lithofacies, with algal mats, grading from intertidal and supratidal biofacies at the bottom towards infratidal biofacies at the top of the stage. Anhydrite precipitates and $\delta^{18}\text{O}$ values indicate average temperature above 20°C. Characteristic foraminifera are *Agglutinella martiniana*, *D. aquayoi*, *Varidentella* sp. A, *Quinqueloculina dilatata*, *Pseudotriloculina lecalvezae* and *Quinqueloculina patagonica*. *Triloculina lutea* signs the base of the warmer stage, and dissolution pipes followed by darker laminae suggest a flooding of the lagoon towards the top of the stage.*

*Stage V - Bioturbated organic matter rich carbonate mud presents *P. lecalvezae*, *A. beccarii* f. *tepida*, *Quinqueloculina patagonica*, *Affinetrina sommeri* and *Bolivina variabilis*, indicating salinities above normal marine, eventual entering of marine waters and low grades of dissolved oxygen.*

From each core and its biofacies, three relative sea level curves are constructed and compared to each other and to the existing curve of Martin et al (1979), resulting in estimations of sedimentation rates and Holocene sea levels. Two stillstand or highstand are evidenced and the last 3 centimeters of the cores show the inversion of the Late Holocene regressive trend.

* Resumo nº 546 - Tese de Doutorado - agosto de 1997 - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo

OS TURMALINA GRANITOS DE PERUS, SP: ASPECTOS GEOLÓGICOS E PETROGRÁFICOS

DIONISIO TADEU DE AZEVEDO

O objetivo principal desta dissertação é a obtenção de um melhor conhecimento geológico e petrográfico dos turmalina granitos de Perus, SP, tentando esclarecer suas relações com os maciços graníticos maiores que afloram nas vizinhanças. Foi realizado um mapa de compilação, em escala 1: 100.000, das folhas topográficas Guarulhos e Santana do Parnaíba, com a finalidade principal de mostrar, em detalhe, a distribuição dos corpos graníticos presentes na região (Cantareira, Taipas, Tico-Tico, Mairiporã, Itaqui, Itaim, Morro do Perus e vários corpos menores, estes considerados pré-brasileiros na

literatura). A discussão sobre a geologia desta compilação é acompanhada de uma síntese sobre geologia, distribuição, e idades dos granitos presentes no embasamento do estado de São Paulo, chamando-se a atenção que as idades U/Pb mais novas sugerem que os eventos "sin-" e "tardi-tectônicos" brasileiros teriam idades em torno de 630 e 580 Ma, respectivamente.

A base do presente trabalho é um mapa de detalhe, em escala 1:5.000, da região onde são encontradas as principais pedreiras de turmalina granitos, englobando também os afloramentos do maciço

Taipas e a parte centro-ocidental do maciço Cantareira. Os turmalina granitos, e as rochas associadas, aparecem como pequenas bossas (a maior não superior a 250 x 150 m) e uma grande quantidade de corpos pequenos (diques, veios, lentes), concordantes a discordantes, dispersos nas rochas metamórficas encaixantes. Estes estão concentradas em pequena área, colocados em função principalmente de dois sistemas de cisalhamento: NE, predominante regionalmente, e NW. Três fácies são encontradas nas bossas de turmalina granitos: bandada, homogênea e pegmatítica interna. A fácies bandada predomina sobre a pegmatóide interna, nestes corpos, enquanto que a homogênea é muito restrita. Nas fácies homogênea e pegmatítica interna, ocorrem os minerais feldspato potássico, plagioclásio (oligoclásio), quartzo, turmalina (preta, com a bege-esverdeada e a rósea aparecendo nos bolsões pegmatíticos maiores), apatita e granada, na fácies bandada o plagioclásio é o feldspato mais abundante. Ainda

The main purpose of this project is to reach a better understanding of the geology and petrography of the tourmaline granites of Perus, SP, and their structural and geologic relationship with other major nearby granite occurrences. As groundwork, a compiled map is presented on a 1:100,000 scale, based on several graduate theses, depicting the geology and mainly the distribution of the granitic masses in the Guarulhos and Santana do Parnaíba sheets (the Cantareira, Taipas, Itaquí, Tico-Tico, Itaim and Mairiporã massifs, as well as other smaller and deformed occurrences, which some authors consider pre-Brasiliano). A discussion on the granites observed within the basement rocks of the state of São Paulo focuses on their geology, distribution and ages, showing that the latest U/Pb dates indicate an intrusion pattern with peak activity for the syn- and late-tectonic granites at about 630 and 580 Ma, respectively.

A geologic map, scale 1:5,000, constitutes the base for the present study, detailing occurrence and distribution of the tourmaline granites and associated smaller outcrops, as well as those of the Taipas and the central-western part of the Cantareira massif. The tourmaline granites, and associated rocks, are found as small stocks (the larger one about 250 x 150 m in size) and many smaller concordant or discordant bodies (veins, lenses, dikes), within the country schists, frequently observed only as white alteration patches. The stocks (tourmaline granites) and lesser bodies (either granites or pegmatites) are concentrated within a rather small area, defined by two shear systems: one trending NE, regionally predominant, and an-

na fácies bandada, é identificada uma unidade de repetição ou banda, constituída por um nível basal (enriquecido em quartzo), um nível predominante intermediário (feldspático, com alguma turmalina) e um nível superior, característico, enriquecido em turmalina e plagioclásio; estas variações são em geral acompanhadas por leve aumento nas dimensões dos grãos (padrão normal granocrescente), por vezes sem ele (padrão normal equigranular). Estas bandas repetem-se, nos casos típicos, dezenas de vezes, sem mudanças na espessura (em geral, em torno de 3 a 7 cm) e com grande continuidade lateral. Em todos os casos, as bandas aparecem deformadas com padrões que simulam redobramento. A origem de estruturas bandadas como estas deve apelar para mecanismos como o de convecção dupla difusiva ("double diffusive convection") e não o da simples deposição por gravidade.

other with a NW trend. The tourmaline granite stocks present three different petrographic facies: banded, homogeneous and internal pegmatitic. The banded facies is predominant, while the homogeneous variety is rather restricted; the first one is, modally, a granodiorite, the second a monzogranite. The internal pegmatitic facies occurs both as concordant veins and as discordant veins, dikes, and masses, sometimes making up a significant part (20 to 40%) of some of the stocks. Main minerals are, in all facies, KF, plagioclase (oligoclase), quartz and tourmaline (usually black schorlite, with the beige-greenish and rosy varieties rather common in the larger pegmatitic masses), and garnet and apatite as accessory phases. The banded facies (typically, thickness of 3 to 7 cm) is constituted by a sequence of bands or layers, each with a lower quartz-enriched level or horizon, an intermediate feldspar-rich level with some tourmaline and a distinctive upper level enriched in tourmaline. These modal variations are frequently accompanied by an increase in grain size (normal pattern with grain-size increase), sometimes with no textural changes (normal equigranular pattern). The bands or layers form continuous sequences of up to several tens of bands, each band maintaining its thickness, modal variation, etc. The layering is always complexly folded ("refolding pattern"), as a result of a syn-magmatic deformation episode, therefore not of tectonic origin. Mechanisms that generate the layering in these tourmaline granites cannot be merely controlled by gravitational processes, but are probably the result of double diffusive convection

* Resumo nº 547 - Dissertação de Mestrado - dezembro de 1997 - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo

REGIMES TECTÔNICOS DO ARQUEANO E PROTEROZÓICO NO INTERIOR DA PLACA SANFRANCISCANA: QUADRILÁTERO FERRÍFERO E ÁREAS ADJACENTES, MINAS GERAIS

ISSAMU ENDO

Rua Irmãos Kennedy 255, Ouro Preto - Minas Gerais - CEP- 35.400-000, Caixa Postal 201, E-mail: issamu@degeo.ufop.br

A evolução tectônica do Quadrilátero Ferrífero e áreas adjacentes é interpretada como resultado da superposição de três ciclos tectono-deformacionais principais: Jequié; Transamazônico e Brasiliano. O ciclo orogênico Jequié se processou no intervalo entre 2.780 a 2.555 Ma, sob condições metamórficas de fácies xisto-verde a anfíbolito médio e, em um regime tectônico transpressional, com plano fluxo N-S, vertical. Este ciclo é constituído por três eventos tectônicos distintos. O primeiro, de maior intensidade, corresponde a orogênese Rio das Velhas (2.780-2700 Ma), caracteriza-se pela deformação cisalhante dúctil e cinemática direcional dextral do *greenstone* Rio das Velhas, juntamente com a formação de pontos tríplexes da foliação em torno do corpo dômico Bação. Além disso, proporcionou a nucleação de fraturas crustais de direções NE-SW e N-S que possibilitaram a ascensão e alojamento sintectônico de granitóides. O segundo evento se manifesta através da superposição plano-paralela de cisalhamentos com deslocamentos sinistrais e nucleação de descontinuidades crustais de orientações NW-SE e E-W, seguida da intrusão de diques máficos (2.650 Ma). O terceiro evento, correspondente a orogênese Maquiné (2.612-2555 Ma), se desenvolve em regime transpressional dextral dúctil a dúctil-rúptil, sendo respon-

sável pela deformação e colocação de *plutons* graníticos controlada pela reativação de descontinuidades prévias.

O ciclo orogênico Transamazônico é constituído por dois eventos tectônicos compressoriais e dois eventos extensionais, alternados, que ocorreram no intervalo mínimo entre 2.250 a 1.900 Ma, processados em condições metamórficas de fácies xisto-verde baixo a anfíbolito. Podem ser interpretados como dois megaeventos tectônicos progressivos, cuja evolução se processou em regime transpressional, com plano de fluxo N-S, subvertical. O primeiro megaevento Transamazônico corresponde à orogênese Minas que promoveu a inversão tectônica da bacia paleoproterozóica Minas. Foi responsável pelos deslocamentos tectônicos dirigidos para SW, desenvolvidos em regime transpressivo dextral seguido da nucleação e desenvolvimento de estruturas extensionais em regime transtrativo dextral. Este megaevento de cisalhamento transpressional dextral gerou, entre outras, as seguintes feições estruturais: a) Sinclinais Vargem do Lima e Santo Antônio; b) cisalhamento dextral no Cinturão Mineiro; c) deslocamentos dextrais ao longo do Lineamento Jeceaba-Bom Sucesso, de caráter transferente; d) zonas de cisalhamento normais Moeda-Bonfim, Souza Noschese, Curral, Engenho e Água

Quente; e) megassinclinais do QFe; f) estruturas dômicas dos Complexos Metamórficos Bonfim, Bação, Santa Bárbara e Caeté; g) auréolas metamórficas; h) deposição de sedimentos das unidades Sabará e Santo Antônio, na fase compressional, e Itacolomi, na fase extensional em bacias do tipo *pull-apart*; i) instalação de *plutons* graníticos ao longo de descontinuidades NE-SW e E-W. Estima-se uma idade mínima para o final do primeiro megaevento tectônico ao redor de 2.100 Ma. O segundo megaevento Transamazônico, denominado orogênese Itacolomi, foi responsável pelos deslocamentos tectônicos dirigidos para N-NW, desenvolvido sob regime tectônico transpressional sinistral, sendo seguido de extensão pós-orogênica para SE. As principais feições estruturais deste megaevento são: a) cisalhamento sinistral no Cinturão Mineiro; b) Sistema de Falhas do Itacolomi; c) inversão cinemática e desenvolvimento do Sistema de Cisalhamento Fundão-Cambotas; d) inversão tectônica da aba sul do Sinclinal Curral; e) congestionamento estrutural nas conexões sinclínicas Moeda-Curral e Moeda/Dom Bosco-Jeceaba/Bom Sucesso; f) cisalhamento direcional, sinistral, ao longo do Lineamento Jeceaba-Bom Sucesso, de caráter transcorrente.

The tectonic evolution of the Quadrilátero Ferrífero region, an Archean/Proterozoic terrane located in the central part of Minas Gerais state, is interpreted as a consequence of superposition of three main orogenic cycles with several periods of magmatism, metamorphism, deformation and sedimentation. The first orogenic cycle, called Jequié (2.555-2.780 Ma) comprehends three tectonic events, developed in a transpressional regime with a high angle N-S-trending flow plane, under greenschist to medium amphibolite metamorphic facies conditions. The first major tectonic event, the Rio das Velhas orogeny, is responsible for a ductile dextral strike-slip transpression regime accompanied by metamorphism of the Rio das Velhas greenstone belts. During this event, Bação dome-shaped structure, originally formed by crustal fracturing, behaved as a semi-rigid body during dextral shearing, generating a foliation-triple-point in greenstone sequences comparable to mylonite microstructure. Strike-slip displacement along the Rio das Velhas shear belt controlled the ascent and emplacement of granitic magmas into syntectonic NE-SW and N-S-trending tensile fractures. The second tectonic event is characterized by a sinistral strike-slip transpression that run parallel to the strike of earlier formed belt. This event was marked by the emplacement of mafic dykes (2.658 Ma) along NW-SE-trending tensile fractures, E-W anti-Riedel crustal fracturing and possibly by the deposition of the molassic assemblages of Maquiné Group. In the third tectonic event, the Maquiné orogeny, early NE-SW discontinuities were reactivated by dextral strike-slip transpression and granitic magmas were placed along these crustal discontinuities.

The Transamazonian orogenic cycle comprehends two compressional and two extensional alternating tectonic events with minimum time span between 2.250 and 1.900 Ma. These events may be interpreted as two progressive tectonic megaevents evolved under transpressional regime with N-S-trending flow plane. The metamorphic conditions may range from greenschist facies to medium amphibolite facies. The first megaevent, called Minas orogeny, was developed under SW-directed crustal shortening. It was responsible for the tectonic inversion of Paleoproterozoic Minas sequences and the deposition of Sabará and Santo Antônio assemblages. This south-

*O ciclo orogênico Brasileiro é constituído de dois eventos tectônicos desenvolvidos em regime transpressional, com plano de fluxo NE-SW e em condições metamórficas de fácies xisto-verde. O evento mais antigo, de cinemática dextral, proporcionou a formação de sistemas de dobramentos e cavalgamentos com transporte para NW, na região meridional da área, e para W, na porção setentrional, ocorrendo aqui o envolvimento do embasamento. Esta tectônica do embasamento promoveu a constrição do Sinclinal Moeda e inversão da sua aba leste, em consequência do processo de escape tectônico ascensional de seqüências plásticas do *greenstone* Rio das Velhas, induzido pelo deslocamento do corpo dômico Bação. Segue-se a este evento compressional, fase de extensão pós-orogênica, que originou os dobramentos em escala mesoscópica vergentes para leste, soergimento de blocos do embasamento e cisalhamentos normais. Finalmente, ocorreu um evento tardio, de baixa intensidade e componente de cisalhamento transpressivo sinistral. O efeito tectônico desta fase se manifesta através de suaves dobramentos de orientações axiais NE-SW a E-W, além de reativações localizadas de descontinuidades pré-existentes.*

westward tectonic was followed by an extensional tectonic phase responsible for the generation of dome and pull-apart basin structures of the QFe region, that were filled with Itacolomi sediments. The prominent tectonic features developed during this megaevent are: Vargem do Lima and Santo Antônio southwestward recumbent synclines; dextral displacement of Mineiro shear belt; dextral displacement along Jeceaba-Bom Sucesso Transfer Zone; Moeda-Bonfim, Souza Noschese, Curral, Engenho and Água Quente normal displacement shear zones; upright megasyndclines of the QFe region; Bonfim, Bação, Santa Bárbara, Belo Horizonte and Caeté domal structures; metamorphic aureoles; and emplacement of granitic plutons along NE-SW and E-W reactivated discontinuities. The second tectonic megaevent, the Itacolomi orogeny, is characterized by thick and thin skinned tectonic activities verging northwest and followed by late extensional orogenic phase. The main tectonic features are: sinistral displacement of Mineiro shear belt; Itacolomi Fault System; tectonic inversion and development of the Fundão-Cambotas Shear System; tectonic inversion of the southeastern flank of the Curral Syncline; structural imbrication at Moeda-Curral and Moeda/Dom Bosco-Jeceaba/Bom Sucesso syncline connections; and sinistral displacement along Jeceaba-Bom Sucesso Lineament.

The last orogenic cycle, the Brasileiro orogeny, consists of two tectonic events developed under regional dextral and sinistral transpressional regime installed over an earlier NE-SW-trending flow plane. The older event is characterized by the development of northwest verging fold-thrust belt in the southern QFe region and the westward tangential and basement controlled deformation in the northern region. The movement of the Bação block to the West promoted the Moeda Syncline constriction that led to an east flank inversion by a process involving an upward tectonic escape of greenstone sequences. The late extensional orogenic deformation took place in the eastern QFe region after E-W shortening that resulted in an uplift of basement blocks, east verging folding and normal shear zones (Furquim Shear Zone). Finally, the second Brasileiro orogenic phase represents a north-south shortening component that produced folds with NE-SW to E-W axial foliation planes and reactivated discontinuities in the basement.

* Resumo nº 548 - Tese de Doutorado - novembro de 1997 - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo

CARACTERIZAÇÃO DOS PRODUTOS DA SERPENTINIZAÇÃO DAS ROCHAS ULTRAMÁFICAS DO VERMELHO, SERRA DOS CARAJÁS, PA

MIGUEL ELIAS CALCINA BENIQUE

Av. Ejercito 329 - Puno, Perú

O complexo máfico-ultramáfico do Vermelho, localiza-se na Província Mineral da Serra dos Carajás, foi afetado por importante processo de serpentização. Compõe-se de dois corpos de configuração litológica semelhante, constituídos por peridotitos e dunitos serpentizados no centro e piroxenitos e gabros nas bordas. O complexo está encaixado nas rochas do Complexo Xingu.

Através do uso de variadas técnicas analíticas como a difratometria de raios X, ATD-ATG e microsonda eletrônica, foram caracterizados os minerais que resultaram da serpentização, bem como os minerais primários residuais.

Os resultados mostraram que as rochas originais eram harzburgitos e olivina-piroxenitos, compostos essencialmente por olivina,

ortopiroxênio, cromita e flogopita. A olivina está presente na rocha serpentinizada como relictos de composição forsterística. Relictos de ortopiroxênio não foram encontrados nas rochas estudadas, mas sua presença é inferida através das bastitas. As Al-cromitas originais encontram-se alteradas nas bordas dos cristais para Fe-cromita e Cr-magnetita. A flogopita encontra-se geralmente vermiculitizada.

A serpentina, mineral dominante nas rochas alteradas, ocorre nas texturas *mesh* e *hourglass*, pseudomórfica sobre olivina, e como bastita, pseudomórfica sobre ortopiroxênio. Há ainda serpentina de textura *ribbon*, não pseudomórfica. Entre essas variedades, não foi possível estabelecer uma ordem de formação, de modo que elas são referidas em conjunto como serpentinas de primeira geração. Ocorrem ainda uma segunda e uma terceira geração de serpentina em veios. Do ponto de vista mineralógico, as serpentinas são predominantemente lizarditas, acompanhadas de pequenas quantidades de antigorita e alguma crisotila.

Quimicamente, as serpentinas de primeira geração são serpentinizadas com baixo teor de Al_2O_3 , razões Mg/Fe+Mg em torno de 0,94,

The mafic-ultramafic Vermelho complex belongs to the Mineral Province Serra dos Carajás, State of Pará, Brazil. The complex consists of two similar bodies made up of dunites and peridotites surrounded by pyroxenites and gabbros. The ultramafic rocks have been strongly serpentized.

Analytical techniques as X-ray diffraction, differential thermal analysis and microprobe analysis were used in order to characterize the products of serpentization and the residual original phases as well.

The original rocks were harzburgites and olivine-pyroxenites, composed essentially of olivine, orthopyroxene, chromite and phlogopite. Olivine is present in the serpentized rocks as relicts of forsteritic composition. Orthopyroxene is completely replaced by bastite. The original Al-chromites are surrounded by rims of Fe-chromite and Cr-magnetite. Phlogopite is often transformed into vermiculite.

Serpentine is the dominant phase in the altered rocks. Serpentine textures can be divided into four types: mesh and hourglass after

FeO em torno de 4-5%, e com teores de NiO entre 0,1 e 0,4% e de Cr_2O_3 entre 0 e 0,06%. As bastitas apresentam teores maiores de Al e Cr. As serpentinas de veios de segunda e terceira geração distinguem-se das demais por apresentar teores de FeO respectivamente menores e maiores. Outro traço químico que distingue os veios de segunda geração é menor teor em NiO.

Em íntima associação com a serpentina, ocorrem a magnetita e a piroaurita, tanto nas serpentinas de primeira geração, como nos veios. Esses dois minerais nunca se encontram associados à bastita, sendo produtos da serpentização apenas da olivina. A piroaurita é um hidróxi-carbonato de Mg e Fe, com razão Mg/Mg+Fe em torno de 0,75.

A clorita ocorre freqüentemente bordejando as cromitas, ou em grupos de cristais dispersos na rocha. Composicionalmente situa-se nos campos do clinocloro, peninita e talco-clorita. Sua gênese está relacionada à alteração da cromita.

olivine, bastite after pyroxene and non-pseudomorphic ribbon. All these types can be found cut by a second and third generations of serpentine veins. From the mineralogical point of view serpentines are mainly lizardite. Antigorite and chrysotile are rarely found.

Chemically, the first generation serpentines present low Al contents, Mg/Fe+Mg around 0.94, FeO around 4-5%, NiO between 0.1 and 0.4% and Cr_2O_3 between 0 and 0.6%, except for bastites which are richer in Al and Cr. Second and third generation veins are characterized by lower and higher Fe contents, respectively. Second generation serpentine veins are slightly depleted in Ni.

Intimately intergrown with serpentine after olivine and serpentine veins are magnetite and pyroaurite. Pyroaurite is a Mg-Fe hydroxi-carbonate with Mg/Mg+Fe around 0.75.

Chlorite occurs surrounding chromite crystals, or as grains disseminated in the serpentine. Chemically they can be classified as belonging to the clinocllore, pennine, and talc-chlorite varieties. The origin of chlorites is related to the alteration of chromite.

* Resumo nº 549 -Dissertação de Mestrado -setembro de 1997 - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo.

ESTUDO DE POTENCIALIDADE HIDRICA DO AQUÍFERO SEDIMENTAR DA FORMAÇÃO AZÁNGARO ÁREA NORDESTE DE ILAVE -PUNO - PERU

VICTORIANO ROLANDO APAZA CAMPOS

Universidad Nacional del Altiplano Puno-Peru -Facultad de Ingeniería Geológica -Caixa Postal 291, Puno, Peru - Fax (054) 352992

O presente trabalho, mostra em seu conteúdo a potencialidade de recursos hídricos subterrâneos dos depósitos lacustres da Formação Azángaro, localizada no Peru, Departamento de Puno, Província de Collao, Distrito de Ilave.

Regionalmente está inserida dentro da Bacia do Lago Titicaca, situado a 3840 m de altitude, de tipo climático chuvoso e frio, com predomínio de seca na maior parte do ano, limitando o desenvolvimento da agricultura regional e local. A pesquisa desenvolvida abrange uma extensão de 180 km².

O padrão geológico local caracteriza-se por apresentar uma superfície plana suavemente ondulada, contrastada por conjunto de morros de formas alongadas ou colinas isoladas, desenvolvida sobre formações sedimentares e vulcânicas - Cretácicas a Terciárias, de grande complexidade estrutural, relacionadas à evolução tectônica dos Andes Peruanos. Localmente o afloramento mais antigo corresponde a rochas calcárias da Formação Ayavacas e arenitos do Grupo Puno, que constituem as fronteiras do aquífero na área de pesquisa. Hidrogeologicamente foram investigados os depósitos não consolidados da Formação Azángaro, que formam o sistema aquífero,

The assessment of the groundwater resources of the Azángaro formation dominantly composed of the lacustrine deposits and located in Peruvian territory, State of Puno, Province of Collao, District of Ilave, is discussed in this master dissertation.

The area of interest is part of the Titicaca Lake Basin, which is about 3840 m height a.s.l., and covers 180 km². The cold and rainy

utilizando dados litológicos de 25 poços perfurados e 37 sondagens elétrico verticais, além de testes hidrodinâmicos realizados.

O espaço físico do reservatório, está constituído por três unidades faciológicas muito bem diferenciadas nos perfis geológicos: Na parte superior apresentam sedimentos finos, interestratificados com areias e cascalhos, na parte média está preenchido por cascalhos arenosos de diferente granulometria e em profundidade ocorrem argelitos que predominam até o embasamento.

A camada intermédia constitui o aquífero de interesse, por sua geometria definida nos SEV, pela espessura de 30 a 60 metros, características granulométricas e pouca profundidade do nível freático, que não ultrapassa os 4,50 m. Possui um bom comportamento hidrodinâmico $K=19$ m²/dia e $T=758$ m²/dia, e capacidade de produção de 100 a 360 m³/h, correspondendo a capacidades específicas de 10 a 20 m³/h.m., atingindo em casos particulares 80 m³/h.m.

Foram realizadas treze análises físico químicas de águas, apresentando um perfil de tendência Clorurada cálcica e de qualidade boa para consumo humano e irrigação.

climate, affected by drought for the most part of the year, which makes it difficult to the development of the local and regional agriculture.

The local morphology of the area is characterized by a soft waved plain surface contrasting with a set of elongated shaped hills or isolated slopes. This geomorphological pattern was developed over