

**DISSERTAÇÕES DE MESTRADO**

**1996**

## AGUILAR, Annabel Pérez

*Geologia, petrografia e gênese dos granada-cordierita-cummingtonita/antofilita anfibolitos e rochas associadas do grupo Serra do Itaberaba, SP, 08 de abril. 168p. Orientador: Caetano Juliani.*

**Resumo:** Os trabalhos desenvolvidos nesta dissertação de mestrado tiveram como principal objetivo o estudo da geologia, da petrografia e da gênese dos granada-cordierita-cummingtonita/antofilita/antofilita anfibolitos e rochas associadas da Formação Morro da Pedra Preta do Grupo Serra do Itaberaba, que afloram a nordeste da cidade de São Paulo, entre as cidades de Guarulhos e Santa Isabel.

Para tanto foi efetuado um mapeamento geológico-estrutural detalhado (1:5000) das principais ocorrências destes anfibolitos, seguido por estudos petrográficos em luz transmitida e pela caracterização da composição química dos minerais por microsonda eletrônica.

A integração dos dados possibilitou a definição da gênese destas rochas como tendo sido resultado do metamorfismo em fácies anfibolito de protólitos básicos e intermediários a ácidos alterados hidrotermal-metassomáticamente.

No mapa puderam ser separadas sete unidades litotípicas maiores produzidas pelas alterações hidrotermais-metassomáticas, identificadas como das *rochas intensamente alteradas, menos intensamente alteradas, rochas de composição intermediária a ácida alteradas, hornblenda-granada anfibolitos, tufos alterados, metabásicas de granulação grossa e metabasitos-cálcio-silicáticos.*

Nestas unidades puderam ser distinguidos 15 litotipos principais, incluindo rochas produzidas pelas alterações que concentraram magnésio e ferro, pela carbonização e/ou potassificação e pela silicificação de rochas vulcanoclásticas ou ígneas de composição básica ou intermediária a ácidas.

Dentre as rochas básicas foram observadas gradações completas entre rochas não alteradas e as fortemente alteradas, representadas pelos conjuntos das *rochas incipientemente alteradas* (hornblenda anfibolitos com cordierita e cummingtonita), *rochas da zona de transição* (onde coexistem dois ou três anfibólios), *rochas menos intensamente alteradas* (cummingtonita anfibolitos, cordierita-cummingtonita anfibolitos e granada-cordierita-cummingtonita anfibolitos) e as *rochas mais intensamente alteradas* (granada-cordierita-cummingtonita/antofilita anfibolitos).

Nas rochas de composição intermediária a ácida foram distinguidos os conjuntos das *rochas silicificadas, rochas menos intensamente alteradas* (constituídas por cummingtonita/antofilita, clorita, quartzo e plagioclásio) e as *mais intensamente alteradas* (constituídas por cummingtonita/antofilita, cordierita e quartzo).

O conjunto das rochas potassificadas é representado por *hornblenda-biotita anfibolitos, biotita-hornblenda anfibolitos* e *biotita-cummingtonita anfibolitos.*

Dentre as rochas básicas afetadas pela carbonatização pré-metamórfica, foram separadas as *fracamente carbonatizadas* (representadas por actinolitos anfibolitos) e as *intensamente carbonatizadas* denominadas como metabasitos cálcio-silicáticos, formados essencialmente por diopsídio, actinolita, clinzoisita/epidoto, quartzo, plagioclásio e carbonatos.

Foram identificados outros litotipos produzidos pelas alterações, mas que pela falta de afloramentos elucidativos, não puderam ser associados aos conjuntos anteriores, tendo sido, desta forma, separados nos conjuntos dos *hornblenda-granada anfibolitos, cummingtonita-granada-clorita xistos* e das *metabásicas de granulação grossa*, estas muito típicas e distintas dos metagabros pela presença de plagioclásio esbranquiçado inalterado.

As estruturas e texturas indicam claramente a dissolução dos protólitos, de modo gradativo, até a gênese das rochas mais intensamente alteradas, que constituíram, ao microscópio, *granada-cordierita-cummingtonita/antofilita anfibolitos* e rochas constituídas por cummingtonita/antofilita, cordierita e quartzo. Estas estruturas foram afetadas pelas foliações metamórficas  $S_1$ ,  $S_2$  e  $S_3$  indicando que as alterações hidrotermais-metassomáticas foram produzidas antes dos eventos metamórficos.

As principais paragêneses minerais cristalizaram-se concomitantemente ao primeiro evento deformacional, corroborando as informações estruturais de que as alterações químicas foram introduzidas nos protólitos previamente ao metamorfismo, embora possam ter ocorrido reequilíbrios menores causados pelos fluidos metamórficos.

As condições metamórficas atuantes durante o desenvolvimento da  $S_1$  e da  $S_2$  foram da fácies anfibolito e, durante o desenvolvimento da  $S_3$ , da fácies anfibolito a xistos verdes, estão tipicamente associadas aos processos retrometamórficos, com reequilíbrio das assembléias de mais alto grau. Os

metapelitos encaixantes tem cianita invertida para sillimanita associada a  $S_1$ , e apenas sillimanita na  $S_2$ , indicando a existência de dois eventos metamórficos, um anterior, de pressão intermediária, seguido por um de pressão mais baixa, ambos com climax metamórfico na fácies anfíbolito.

Geologicamente observa-se uma associação íntima destas rochas alteradas com corpos de rochas andesíticas, dacíticas e riolíticas, definindo formas que podem ser interpretadas como antigos cones de alteração ou zonas alteradas semi-concordantes aos derrames básicos. Os zonamentos observados, juntamente com o contexto geológico/geotectônico regional e os dados bibliográficos, permitem interpretar que estas rochas foram geradas em dois ambientes geotectônicos. O primeiro, menos importante, corresponde a zonas de expansão de cadeias meso-oceânicas, e o segundo corresponde à evolução de uma bacia de retro-arco, em regimes compressoriais, sendo este o principal período de formação dos protólitos destas rochas.

Granada-cordierita-cummingtonita/antofilita anfíbolitos e rochas intermediárias intensamente alteradas ocorrem mundialmente associadas a depósitos de sulfetos maciços de Cu-Zn, onde constituem as zonas mais internas dos cones de alteração hidrotermal-metassomática produzidas pela percolação do fluidos mineralizantes, tipicamente localizados sob as mineralizações, sugerindo potencial metalogenético para este tipo de mineralização na Formação Morro da Pedra Preta.

Neste contexto as rochas menos intensamente alteradas, os hornblenda-granada anfíbolitos, as metabásicas de granulação grossa e as rochas potassificadas se distribuem em fácies mais distais nestes cones de alteração. As rochas carbonatizadas estão relacionadas a zonas de alteração mais profundas, sub-concordantes com a estratigrafia vulcano-sedimentar.

**Abstract:** The principal objective of this Dissertation was the study of the geology, petrology and genesis of the garnet-cordierite-cummingtonite anthophyllite amphibolites and associated rocks of the Morro da Pedra Formation, Serra do Itaberraba Group.

For this purpose a detailed 1:5,000 geological-structural map of the principal occurrences of these amphibolites was made, followed by petrographic studies transmitted light, and the characterization of the chemical composition of minerals by electron microprobe analysis.

The integration of data made possible to interpretate the genesis of this rocks as being the result of metamorphism in amphibolite facies of hydrothermal-metasomatically altered basic and felsic protoliths.

Seven major lithological units produced by alteration could be separated in the map, identified as *strongly altered rocks*, *moderately altered rocks*, *altered felsic rocks*, *hornblende-garnet amphibolites*, *altered tuffites*, *coarse grained metabasites* and *calc-silicate metabasites*.

In these units, feveteen diferent lithotypes, produced by alterations that concentrated magnesium and iron, by carbonatization and or potassification and by silification of basic or felsic volcanoclastic or igneous rocks could be separated.

In basic rocks a complete gradation between unaltered to strongly altered rocks was observed, represented by the groups of *weakly altered* (hornblende amphibolites with cordierite and cummingtonite), *transitional* (where two or tree amphiboles coexist), *moderately altered* (cummingtonite amphibolites, cordierite-cummingtonite and garnet-cordierite-cummingtonite amphibolites) and *strongly altered rocks* (garnet-cordierite-cummingtonite/anthophyllite amphibolites).

In altered felsic rocks *silicified*, *moderately* (cummingtonite anthophyllite-chorite-quartz-plagioclase rocks) and *strongly altered rocks* (cummingtonite anthophyllite-cordierite-quartz rocks) were distinguished.

The potassified rocks are represented by *hornblende-biotite amphibolites*, *biotite-hornblende amphibolites* and *biotite-cummingtonite amphibolites*.

The carbonatized metabasites were separated into *weakly* (represented by actinolite amphibolites) and *strongly carbonatized* recognized as calc-silicate metabasites, composed essentially by diopside, actinolite, clinozoisite epidote, quartz, plagioclase and cabonates.

Other lithotypes produced by alteration process were identified but because of the lack of elucidative outcrops, could not be related to the above mentioned groups and were therefore separated as *hornblende-garnet amphibolites*, *cummingtonite-garnet-chlorite schists* and *coarse grained metabasites*, which can be distinguished from metagabbros by the presence of unaltered whitened plagioclase.

The structures and textures clearly indicate the gradual and progressive dissolution of protoliths until the protoliths of the strongly altered rocks, garnet-cordierite-cumingtonite anthophyllite amphibolites and cummingtonite-anthophyllite-cordierite-quartz rocks, are produced. These structures were affected by the metamorphic foliations  $S_1$ ,  $S_2$  and  $S_3$ , showing that the hydrothermal-metasomatic alterations occurred before the regional metamorphic events.

The main mineral parageneses crystallized during the first deformation event, corroborating the structural evidence, that chemical modifications occurred in the protoliths before metamorphism, although minor reequilibria caused by metamorphic fluid movements may have occurred.

The metamorphic conditions present during the development of  $S_1$  and  $S_2$  were in the amphibolite facies and during the development of the  $S_3$ , in the amphibolite facies grading to the green schists facies, this one typically associated with retrometamorphism of assemblages of higher grade. In metapelites from the host rocks kyanite inverted to sillimanite, associated to the  $S_1$ , is found, and only sillimanite is found associated to  $S_3$ , indicating the existence of two different metamorphic events, the former of intermediate pressure, and the latter of low pressure, both of them having their metamorphic climax in the amphibolite facies.

A close association of the altered rocks with felsic rocks is observed, and their forms can be interpreted as old alteration pipes or semi-conformable altered zones within basic flows. The zonation observed, associated with the geological geotectonic environment and the bibliographic references lead to the interpretation that these rocks were generated in two different geotectonic environments. The first one, less important, was in meso-oceanic expansion zones, and the compressive regime, during the evolution of a back-arc basin.

Garnet-cordierite-cumingtonite anthophyllite amphibolites and felsic rocks strongly altered are associated world-wide with massive sulfide deposits of Cu-Zn, where they form the inner parts of alteration pipes produced by the percolation of the mineralized fluids, and are typically localized under the mineralizations, suggesting a metallogenetical potential for this type of mineralization in the Morro da Pedra Preta Formation.

In this context, the intermediately altered rocks, the hornblende-garnet amphibolites, the coarse grained metabasites and the potassified rocks correspond to distal facies of these alteration pipes. The carbonatized rocks are related to lower-level semi-conformable alteration zones.

#### **ARARA, Osama Mohamed**

*Análise estrutural, petrológica e geocronológica dos litotipos da região de Piên (PR) e adjacências.* 11 de junho. 120p. Orientador: Miguel Angelo Stipp Basci.

**Resumo:** A compartimentação geológico-estrutural da região de Piên (PR) e adjacências apresenta dois segmentos crustais de composições e idades distintas, separados pela *Zona de Cisalhamento Piên (ZCP)*, com trend aproximado N45-50E. O compartimento a norte, é constituído pela *Suíte Granito-Milonítica Rio Piên*, composto por granitóides miloníticos de idade neoproterozóica e outro a sul constituído de *Gnaisses Anfíbolito-Granulíticos*, de idade paleoproterozóica.

Dois principais corpos, lentiformes, de uma suíte de rochas máfico-ultramáficas, ocorrem a norte (Campina do Crispins, C.C) e a sul (Campina dos Maias, C.M) da *ZCP*. Na parte leste da região estudada, ocorre a porção meridional do Maciço Granítico Agudos do Sul, a sudeste é coberta por rochas vulcanossedimentares da Bacia de Campo Alegre e a oeste por seqüências sedimentares da Bacia do Paraná.

Os granitóides da *Suíte Granito-Milonítica Rio Piên* representam o limite meridional de um terreno granítico, com continuidade a norte por aproximadamente 20 km. Mostram coloração avermelhada a cinzenta, granulação normalmente média a grossa, geralmente com megacristais centimétricos de K-feldspato, biotita e hornblenda e, variando em termos composicionais entre granodioritos a quartzomonzodioritos e subordinadamente monzogranitos. Apresentam caráter cálcio-alcalino de médio a alto K e são predominantemente metaluminosos. A estrutura principal nestes granitóides é um foliação milonítica  $S_n$  concentrada em N66E/64NW e caracterizada pela orientação preferencial de quartzo, biotita, anfíbólio e alongamento de porfiroclastos de feldspatos. Junto a *ZCP*, ocorre uma faixa de biotita-ultramilonitos.

O *Maciço Granítico Agudos do Sul* representa uma expressiva atividade granítica e apresenta,

na região estudada, quatro facies isótropas. A principal seria do tipo Sienogranítica e Alkali-feldspato-granítica e, subordinadamente, granodiorítica-Monzogranítica. Corpos gabro-dioríticos tardios ocorrem associados e enclaves de serpentinitos e gnaisses. Geoquimicamente apresentam tendência alcalina.

Na *suite máfico-ultramáfica*, os litotipos predominantes são principalmente serpentinitos. Subordinadamente ocorrem xistos magnesianos, harzburgitos serpentinizados, metaortopiroxenitos e metagabronoritos. As relações de contatos destes corpos com as encaixantes são essencialmente tectônicas e estão fortemente deformados, apresentando um caráter brechóide-milonítico. No corpo ultramáfico de C.C, as foliações apresentam-se concentradas em torno de N64E/50-70NW e indicam a imposição de um dobramento cilíndrico assimétrico com eixos inclinados para W e SW e lineações minerais associadas neste sentido. No corpo C.M, o comportamento estrutural com baixos mergulhos das foliações (N66E/20NW) e lineações minerais 10°-30°/N20-60W tipo *a*, sugerem a colocação deste corpo por sobre os gnaisses anfibolito-granulíticos, em forma de "klippe".

O Contexto geológico, o tipo de rochas presentes, as características geoquímicas, em termos de elementos menores, principalmente Ti, Cr e Ni e comportamento de terras raras, sugerem que estas rochas seriam geradas em ambientes de margens continentais ativas e relacionadas a zonas de subducção (SSZ, Supra-Subduction Zone). Os dados K-Ar em plagioclásio de gabronoritos revelam idades Neoproterozóicas enquanto idades Sm-Nd em rocha total apontam idades paleoproterozóicas.

Os *Gnaisses Anfibolito-Granulíticos* constituem-se em ampla diversidade litológica, com predomínio de gnaisses granulíticos félsicos e máficos com freqüentes lentes de félsicos e máficos granatíferas, gnaisse granulíticos anfibolíticos e anfibolitos ricos em granada, gnaisses anfibolíticos e anfibólio gnaisses, gnaisses granulíticos ricos em biotita e porções charnoquíticas, charnoenderbíticas e enderbíticas associadas.

Apresentam-se maciços foliados e/ou com bandamento gnáissico milimétrico a centimétrico, caracterizado pela alternância heterogênea de níveis de plagioclásio  $\pm$  quartzo  $\pm$  Fk e níveis de hornblenda, biotita, granada, ortopiroxênio e/ou clinopiroxênio.

A partir da ZCP, em direção ao sul, observa-se uma faixa de 4 a 6 km de largura, caracterizada pela destruição parcial a total das paragêneses granulíticas e a formação de novas, retrógradas dentro do limite inferior da fácies anfibolito acompanhadas pela imposição de estruturação em torno de E-W/48N e N60-80E/50-70NW que diferem da estruturação regional de aproximadamente N64W/60NE dos gnaisses granulíticos atribuída a épocas Paleoproterozóicas (dados Rb-Sr e K-Ar em minerais).

Ao longo da ZCP, pode ser observada uma foliação milonítica, impressa nos litotipos graníticos, ultramáficos e gnáissicos, de idade Neoproterozóica, heterogênea e gerada em regimes dúctis e condições metamórficas variáveis compatíveis com a fácies xisto-verde, zona da biotita até o limite inferior da fácies anfibolito. O seu desenvolvimento estaria associado, em seu início, ao processo de cavalgamento dos granitóides miloníticos sobre os gnaisses granulíticos, no sentido NNW para SSE, do qual teria participado a *suite máfico-ultramáfica*, principalmente o corpo de C.M. Há indicações de manifestações transcorrentes tardias com sentido dextral e de caráter dúctil.

Os dados geoquímicos apontam, para os gnaisses biotíticos, biotita-anfibólio gnaisses e gnaisses anfibolíticos, que ocorrem junto a ZCP e ao norte do corpo ultramáfico de C.C, características geoquímicas compatíveis com associações andesito-basálticas cálcio-alcalinas de alto K a shoshoníticas, típicas de margens continentais ativas. Dados K-Ar em biotita nestas rochas revelam idades Neoproterozóicas.

Os dados U-Pb em zircões, as isócronas Rb-Sr em rocha total, bem como os resultados K-Ar em biotitas, indicam que os granitóides da *suite granito-milonítica Rio Piên*, no intervalo entre 650 e 595 Ma, tiveram sua geração, deformação, colocação em níveis crustais superiores e seu resfriamento abaixo da isoterma de 250°-300°C. As razões iniciais  $Sr^{87}/Sr^{86}$  sugerem participação mantélica e da crosta inferior na geração destes corpos. A idade em torno de 650 Ma (Rb-Sr e K-Ar em anfibólio) é interpretada como a melhor aproximação da idade principal da geração desses granitóides. As idades K-Ar em biotita entre 605 e 590 Ma, representam o período de resfriamento e de estabilização tectônica, pós deformacional, desta *suite*.

Os dados geocronológicos, petrológicos e estruturais referentes ao Maciço Granítico Agudos do Sul, quando comparadas, aos dos granitóides miloníticos mostram claramente a geração tardia deste maciço (entre 590-570 Ma). As razões  $Sr^{87}/Sr^{86}$  mais altas sugerem maior participação crustal, na geração

destes, em relação aos miloníticos.

Um perfil regional, K-Ar transversal a ZCP demonstra que, a sul da ZCP, as idades das rochas gnáissico anfíbolito-granulíticas giram em torno de 1800 Ma, e que, na medida em que ocorre uma aproximação da ZCP estes valores tornam-se Neoproterozóicos (650-600 Ma), independente das características e da idade da rocha original. A tendência do decréscimo das idades K-Ar nas rochas granitóides, em direção a NNW pode ser explicada como função do distanciamento da frente do cavalgamento. No compartimento gnáissico anfíbolito-granulítico ocorre o contrário, idades mais antigas quanto mais distante da ZCP. Este fato é possível somente, se os granitóides representarem uma superposição tectônica sobre rochas bem mais antigas, que já se encontravam frias, quando deste evento deformacional.

Dados Sm-Nd em rocha total e minerais (plagioclásio e granada) em gnaisses anfíbolíticos e granulíticos granatíferos revelaram valores entre 1.7-1.8 Ga., semelhantes aos K-Ar em minerais e são indicativos do resfriamento das paragêneses granulíticas.

As informações petrológicas, estruturais e geocronológicas disponíveis até o momento sobre os litotipos da região de Piên permitem a caracterização e o enquadramento da região dentro de um processo geodinâmico de margem continental ativa, no cenário geotectônico do Ciclo Brasileiro.

**Abstract:** The Piên area presents two major geotectonic domains separated by the Piên Shear Zone (PSZ). The northern one is the Rio Piên Granite-Mylonitic Suite composed by calc-alkaline granitoids of neoproterozoic age. The southern domain is represented by the Amphibolite-Granulite Gnaisses where high grade metamorphism took place at the end of paleoproterozoic time.

Two lenses of a disrupted Mafic-Ultramafic Suite can be found north (Campina dos Crispins, C.C) and south (Campina dos Maias, C.M) of the Piên Zone. The eastern part of the mapped area is occupied by the Agudos dos Sul granitic massif and the western and southern parts are covered by the Paraná and Campo Alegre basins respectively.

The Rio Piên granite-mylonitic suite represents the southern limit of a 20 km wide granitoid terrain in which medium-coarse grained, red-greyish granitoids with K-feldspar megacrystals predominate. These biotite or amphibole granitoids are metaluminous with medium to high-K calc-alkaline affinities. Most granitoid rocks are affected by a strong shearing deformation represented by a mylonitic foliation with N66E direction dipping 64° to NW. Near the PSZ biotite-ultramylonites predominate.

The alkaline Agudos do Sul granitoid represents an important magmatic activity where four major isotropic igneous facies were mapped. The principal one is characterized by reddish syenogranite to alkali feldspar-syenogranite. Subordinately granodiorite-monzogranitic facies and late gabbro-diorite stocks are also found.

The mafic-ultramafic suite is composed predominant by serpentinites, magnesian schists, serpentinitised harzburgites, metaorthopyroxenites and metagabbronorites. These rocks are strongly deformed always presenting trend NE and a tectonic contact with the host rocks. The Campina dos Crispins occurrence is located in the PSZ while the other major body, Campina dos Maias, represents an allocthonous klippe over the southern granulite gnaisses. The hypothesis that these two bodies were part of a previous single unit dismembered during the evolution of the PSZ cannot be discarded.

Considering the identified lithotypes, their geochemical affinity (particularly the Ti, Cr, Ni and REE content) and the geological context observed in the area, a geotectonical model of active continental margin related to subduction SSZ (Supra-Subduction Zone) is proposed. K-Ar on plagioclase from gabbronorites gave Neoproterozoic ages although Sm-Nd whole rock isochron yielded Paleoproterozoic ages.

The amphibolite-granulitic terrain is composed by several different orthogneissic units with low-K calc-alkaline affinity. In this domain felsic to mafic granulites predominate and are accompanied by amphibolite gneisses, biotite-rich granulites, and portions with charnockitic, charnoenderbitic and enderbites characteristics. Garnet-rich lenses are often observed. These rocks usually show a milimetric-centimetric banding formed by alternance of felsic (plagioclase, quartz, k-feldspar) and mafic (hornblende, biotite, garnet and pyroxene) levels, but sometimes they are almost massive with a very fine foliation.

From the PSZ to the south, there is a 4-6 km wide zone affected by the shear zone where the granulite paragêneses were totally destroyed by the retrogression imposed by the shear process which

occurred at lower amphibolite metamorphic facies. A NE trend modifying the regional NW direction typical of the granulite domain is characteristic of this zone.

In the PSZ a heterogeneous mylonitic foliation can be recognized developed under a ductile regime under metamorphic conditions in the greenschist-lower amphibolite transition. It is possible that the PSZ development took place at Neoproterozoic time when the granulitoids, thrust towards the granulite terrain, were part of a general collisional process. Dextral reactivation of the PSZ can be observed affecting the Agudos do Sul granulitoid.

Based in geochemical data, it is proposed that the biotite gneiss and biotite-amphibole-gneiss which occur near the PSZ have a shoshonitic to high-K calc-alkaline features which are characteristic of active continental margins. K-Ar on biotite extracted from these rocks gave Neoproterozoic ages.

The available radiometric data for the Rio Piên mylonitic granulitoids show that between 650-595 Ma the generation, deformation and cooling below the isotherm of 250°C occurred. On the other hand, the geochronological data for the Agudos do Sul massif are in the 590-570 Ma interval showing its younger generation. The  $Sr^{87}/Sr^{86}$  initial ratios for both granulitoids suggest more involvement of the continental crust in the origins of Agudos do Sul granitic massif.

The analyses of the entire set of the available data for the Piên area allows the suggestion of a geotectonic scenery related to the evolution of an active continental margin during the collages associated to the Brasiliano Cycle.

#### ARRÚA, Delio Daniel Orué

*Síntese da geologia do Paraguai Oriental, com ênfase para o magmatismo alcalino associado.* 29 de fevereiro. 163p. Orientador: Celso de Barros Gomes.

**Resumo:** A região oriental do Paraguai, situada entre os paralelos 22° e 28° de latitude S e meridianos 54° e 58° de longitude W, perfaz um total de 159.827 km<sup>2</sup>. Sucintamente, abrange rochas do embasamento Pré-cambriano, depósitos do Paleozóico Inferior, Médio e Superior, passando a sedimentos mesozóicos e cenozóicos, além de "sills", "flow", diques básicos e alcalinos ocorrendo associados a "stocks" alcalinos posicionados entre o NeoPermiano e o Terciário.

Estratigraficamente, distinguem-se duas unidades pré-cambrianas, Norte e Sul. O Pré-cambriano Norte apresenta uma cobertura de margem cratônica Eo-Cambriana, além de fácies arenosas do Carbonífero, em contraste nítido com as litologias graníticas e vulcânicas. Às formações anteriores se associam, no Pré-cambriano Sul, rochas silico-clásticas do Ordoviciano-Siluriano e arenosas do Permiano, refletindo litologias e estruturas com evolução diferenciada, embora insuficientes para caracterizar uma descontinuidade crustal, litosférica ou mesmo deformações dos núcleos pré-cambrianos. Faz parte desse conjunto a bacia marginal precoce de margem cratônica, responsável pelos sedimentos clásticos da Formação Vallemi e calcários da Formação Cambajhopo, ambos pertencentes ao Grupo Itapucumi.

Regionalmente, as feições geotectônicas das unidades paleozóicas refletem episódios de área de bacia, com o desenvolvimento da fase de subsidência, esta coincidente com o preenchimento silico-clástico do Grupo Caacupé, ainda que a maior parte da sedimentação esteja associada ao Grupo Itacurubi (Llandoveriano). Sobre esses depósitos se coloca o "blanket" arenoso e conglomerático que constitui a base da Formação Arroyos Esteros e que marca o desenvolvimento do aulacógeno Siluro-Devoniano. Após a discordância EoCarbonífera, a zona assume caráter flexural, sendo retomada a deposição, agora de natureza glacial, com o Grupo Coronel Oviedo e, em parte, com a Formação Aquidabán. Por outro lado, o Permiano apresenta, no todo, um caráter transgressivo na direção SW, com o Grupo Independência, o acúmulo de arenitos da Formação San Miguel, além dos calcários da Formação Tacuary, mais para NE.

Entre o Permiano e o Triássico tiveram início atividades magmáticas alcalinas guardando relação com mega-estruturas do tipo "rift" e sedimentos flúvio-eólicos da Formação Misiones; seguem-se derrames basálticos da Formação Alto Paraná e arenitos da Formação Acaray, entre o NeoJurássico e o EoCretáceo.

O Cenozóico assiste uma revolução na geometria interna, de natureza vertical e pequena escala, mas de magnitude suficiente para intervir na distribuição de litofácies da Formação Patiño. O Quaternário ocorre numa faixa alongada segundo NS, acompanhando o rio Paraguai; quatro unidades aluvionais são individualizadas, com a mais antiga, formada por material detrítico situado em terraços

antigos; é seguida por conglomerados e calcários de pedimento, passando a sedimentos inconsolidados de planícies aluviais recentes e, por último, a cascalhos de planícies atuais sobrepostos por bancos arenosos.

Em geral, o quadro geotectônico do Paraguai Oriental aponta para a existência de diversos pólos de atividade tectono-magmática, que deram origem a numerosos focos alcalinos distribuídos por várias províncias. A do Alto Paraguai congrega rochas sieníticas saturadas a insaturadas e apresenta idade em torno de 250 Ma. As de Amambay e Central estão ligadas a rochas de tendência póttassica e exibem idade aproximada de 130 Ma. A de Misiones guarda relação com rochas ultra-alcalinas com idade média de 116 Ma, enquanto que a mais recente (61-39 Ma) reúne diversos corpos de rochas ultrabásicas de natureza sódica.

**Abstract:** The eastern region of Paraguay located between parallels 22° and 28°S and meridians 54° to 58°W represents a total area of 159,827 km<sup>2</sup>. It includes Pre-cambrian basement rocks, Lower to Upper Paleozoic deposits overlain by Mesozoic and Cenozoic sediments, in addition to sills, flows and dikes all of them related to alkaline stocks during the NeoPermian to Tertiary times.

Stratigraphically, it contains two Pre-cambrian areas, north and south. The northern unit presents an Eo-Cambrian cratonic margin cover as well as a facies of Carboniferous sandstones contrasting with granitic and volcanic lithologies. To those formations are associated, at the southern area, Ordovician-Silurian silico-clastic rocks and Permian sandstones reflecting lithology and structure with a differentiated evolution, although insufficient to characterize a crustal discontinuity, lithospheric or other deformations of the Pre-cambrian nucleus. Also included in this group is the early marginal basin to the cratonic border which is responsible for the clastic sediments of the Vallemi Formation and the carbonate rocks of the Cambájhopo Formation both belonging to the Itapucumí Group.

The geotectonic facies of the Paleozoic units reflect regional episodes of burial areas with the development of a subsidence phase. This agrees with the former silico-clastic deposits of the Caacupé Group although the largest part of the sedimentation is related to the Itacurubí Group (Llandoverian). Over those deposits lies a blanket of sandstones and conglomerates corresponding to the basis to the Arroyos Esteros Formation, which marks the development of the Silurian-Ordovician aulacogen. After the so-called Carboniferous unconformity, the area assumes a flexural character and is overlain by glacial deposits (Coronel Oviedo Group) and locally by the Aquidabán Formation rocks. On the other hand, the Permian times point to a transgressive character coming from SW, which is responsible for the formation of the Independencia Group sediments and also by the accumulation of fine sandstones (San Miguel Formation) and carbonate rocks (Tacuary Formation).

The first event to alkaline magmatic activity related to megastructures of rift type took place during the Permian to Triassic times in association with aeolic sediments of the Misiones Formation. Almost contemporaneously basaltic rocks of the Alto Paraná Formation are found at the eastern part of Paraguay, mainly as lava flows capped by sandstones of the Acaray Formation.

The Cenozoic has been submitted to a revolution in the internal geometry of the whole area showing vertical motion and small scale, but of sufficient magnitude to interfere in the distribution of the Patiño Formation lithofacies. The Quaternary sediments are concentrated along a NS band parallel to the Paraguay river. Five different units are recognized, being the oldest one represented by detrital deposits concentrated on ancient terraces; it is followed by talus deposits of conglomerates and limestones that change to unconsolidated sediments (alluvial fans) of recent origin. The youngest material consists of pebbles overlain by sandy banks.

In general, the geotectonic picture of Eastern Paraguay points to the existence of various poles of tectonic-magmatic activity as indicated by the various provinces distributed over the whole area. Thus, the Alto Paraguai consists of syenite rocks both saturated and unsaturated in SiO<sub>2</sub>, and presenting an age of about 250 Ma; the Amambay and Central contain rocks of potassium tendency which are approximately 130 Ma in age; the Misiones ultra-alkaline rocks show an average age of 116 Ma, while the most recent province of Asuncion (61-39 Ma) consist of different bodies of ultrabasic rocks of sodic affinity.

**ASSUNÇÃO, José Carlos Branco de**

*Análise mineralógica, geoquímica e textural de lodos gerados e dispostos pela ETE de Barueri-SP:*



**Resumo:** Esta dissertação estuda o comportamento geoquímico dos metais Ag, Cd, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb e Zn contidos em lodos residuais gerados na Estação de Tratamento de Esgotos de Barueri, SP, que ficaram expostos às condições intempéricas superficiais tropicais por um período médio de 18 meses. A ETE de Barueri trata esgotos da Região Metropolitana de São Paulo aplicando o método do Lodo Ativado, com uma etapa de Digestão Anaeróbia e outra de Condicionamento Químico, com adição de  $FeCl_3$  e  $Ca(OH)_2$ .

O resíduo resultante do processo, aqui denominado Resíduo Fresco, teve suas principais características químicas, como teores de metais e valores de pH, monitoradas pela própria ETE, e foi disposto ao ar livre por um período de 18 meses. Ao final desse período o Resíduo Disposto constituía um grande corpo tabular com espessura média de 2,20 m. Nesse corpo foram coletadas amostra de canal, amostras de trado e amostras indeformadas tanto dos resíduos quanto do solo a eles sotoposto. Essas amostras foram submetidas à determinação do pH, determinação dos teores de Ag, Cd, Cr, Cu, Mn, Fe, Ni, Pb e Zn com abertura por Ácidos Fortes a Quente e abertura por Água Deionizada a Quente, determinação da distribuição granulométrica, determinação da composição mineralógica e investigação de morfologias em Microscópio Ótico e Microscópio Eletrônico de Varredura acoplado a EDS.

Essa série de análises levou à conclusão de que os metais contidos no pacote de resíduos estão sendo lixiviados, tendo sido eliminada considerável parcela do seu conteúdo inicial. Por outro lado verificou-se que está havendo a migração vertical interna, do topo para a base do pacote de resíduos, das frações granulométricas mais finas, caracterizando portanto o fenômeno de lescivagem. Essas frações são constituídas por minerais detriticos (Caolinita e Micas) e por compostos neoformados no processo de Condicionamento Químico do lodo (Carbonatos, Fosfatos e Sulfatos de Ca e Mg e Hidróxidos e Carbonatos de Fe). São principalmente esses compostos que contêm os metais pesados no resíduo.

O solo sotoposto aos resíduos está retendo apenas uma pequena parcela dos metais e mesmo assim somente um faixa com 1,30 m, mais próxima ao contato. As exceções são os metais Ag e Cu que ocorrem em teores anômalos em posições intermediárias do perfil. Como detectou-se a lixiviação dos metais e eles não estão sendo retidos pelos solos concluiu-se que eles permaneceram em solução, contaminando portanto o curso d'água da região.

Os resíduos são geoquimicamente ativos, estão interagindo com os compartimentos do ambiente e podem apresentar riscos potenciais à qualidade das águas superficiais.

**Abstract:** The aim of this study is to research the geochemical behavior of the metals Ag, Cd, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb and Zn incorporated in the sludges of Wastewater Treatment Plant of Barueri, SP, that remained exposed at tropical climate conditions about 18 months. The Wastewater Treatment Plant of Barueri, SP, processes sewages of São Paulo Metropolitan Region by Activated Sludge method, followed by the stages of Anaerobic Digestion and Chemical Coagulation and Precipitation by  $FeCl_3$  and  $Ca(OH)_2$ .

The produced sludge, in this study designated as "Fresh Waste", had its principal chemical characteristics, as metal contents and pH, measured monthly during its production period. Then the "Fresh Waste" was disposed on the land in the open air, for about 18 months. During this time the "Fresh Waste" named by "Disposed Waste" and to become constituted as a big sludge layer of 2,20 m thickness. The Disposed Waste and the soil under it were then sampled. All samples was analyzed for pH, for the Heavy Metals Ag, Cd, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb and Zn (digested by  $HNO_3+HCl$  processe and by Deionised Water processe), for the Granulometric Distribution, for the Mineralogic Composition and for the Micromorphologic Analysis at Optic Microscope and MEV with EDS equipment.

The results of those analysis were conclusive: the metals incorporated in the "Disposed Waste" was being removed of the sludge. On the other hand a vertical movement of the fine grain materials ( $\phi < 2 \mu$ ) is occurring from the top to the basis of the sludge layer. This material is mainly composed by neoformed substances (Ca and Mg Carbonates, Phosphates and Sulphates and Fe Hydroxides and Carbonates) originated in Chemical Coagulation and Precipitation by  $FeCl_3$  and  $Ca(OH)_2$ , and by detritic minerals (Caolinita and Micas) either. These substances incorporate most of the heavy metals in the "Disposed Waste".

The soil under the sludges is retaining very little of the dissolved metals, only at a 1,30 m

thickness zone under contact surface. Anomalous values at deeper zones of the soil occur just for the metals Ag and Cu. Since metals dissolution is occurring and the soil is not retaining them, so they are remaining solubilised and they are reaching both the superficial and the groundwater.

In this way the sewage sludges are geochemically active, react with the environmental compartments and may be a potential risk to hydric resources.

#### **BAUERMEISTER, Karl Heinz**

*Distribuição e disponibilidade das áreas de extração de areia para a construção civil, visando o abastecimento da região metropolitana de São Paulo.* 09 de dezembro. 108p. Orientador: Arlei Benedito Macedo.

**Resumo:** Esta dissertação constitui o primeiro levantamento integral de dados relativos à extração de areia visando o abastecimento da construção civil da RMSP. Foram analisados praticamente todos os portos de areia que atualmente abastecem a RMSP, atingindo um raio de 200 km, tendo sido levantados dados da documentação de extratoras e dados de campo junto às mesmas.

Foram identificados os tipos de areia produzidos, tendo sido enquadrados em cinco tipos básicos: areia tipo duna, tipo Vale do Paraíba, tipo morro, tipo pó de pedra e tipo impura, determinando-se as diversas regiões produtoras de cada tipo, bem como as unidades geológicas produtoras das mesmas.

As diversas áreas atualmente produtoras foram agrupadas em cinco grandes distritos areníferos, sendo o DA do Vale do Paraíba responsável por mais da metade da atual produção visando o abastecimento da RMSP, vindo em segundo lugar o DA da RMSP e embasamento cristalino, tendo sido definidos ainda os DA do Vale do Ribeira, o DA da Bacia do Paraná e o DA do Sudoeste de Minas. Estes foram subdivididos em diversos subdistritos areníferos, de acordo com as formações geológicas existentes.

Os diversos tipos de extração e beneficiamento também foram identificados, assim como os aspectos legais limitantes à atividade e os principais problemas do setor. O levantamento efetuado permitiu identificar a produção de cada município/região, onde se constatou que os municípios do Vale do Paraíba são os maiores abastecedores de areia à RMSP, com cerca de 57% do total. Os maiores fornecedores de areia para a RMSP são os municípios de Tremembé, Mogi das Cruzes, Caçapava e Jacareí, todos enviando mais de 1000.000 m<sup>3</sup>/mês. Além destes, fora o município de Taubaté, todos os demais enviam menos de 50.000 m<sup>3</sup>/mês de areia para a RMSP. Outro dado relevante identificado neste estudo é que o consumo de areia para a construção civil da RMSP encontra-se atualmente em torno de 1 milhão de m<sup>3</sup>/mês.

Após a definição de diferentes tipos de reservas, calculou-se a vida útil das reservas das diversas áreas analisadas, considerando-se algumas variáveis do ponto de vista legal e econômico. Estes dados puderam indicar que o abastecimento da RMSP deverá nas próximas duas décadas continuar dependendo em mais de 50% da areia do Vale do Paraíba. As reservas da RMSP específica (excluída a subregião de Mogi das Cruzes) limitam-se a pouco mais de 10 anos, mantidas as atuais restrições. A Bacia do Paraná mostra-se como a região que terá maior participação no atendimento à demanda crescente, devendo substituir no futuro o esgotamento das demais regiões. Assim prevê-se que dentro de 30 anos a produção do Vale do Paraíba deverá deslocar-se para esta região, somente remanescendo pequenos portos para o abastecimento local. Algumas áreas produtivas na região de Mogi das Cruzes, e eventualmente no Vale do Ribeira, deverão continuar durante muitos anos abastecendo ainda a RMSP, porém em escala bem inferior à Bacia do Paraná.

**Abstract:** This thesis is the first complete survey of data on sand mining to supply civil construction in the São Paulo Metropolitan Region. All sand pits which supply sand to the SPMR were studied, in a range of 200 km, with document and field surveys.

Five types of sand products were identified: dune type, Paraíba valley type, hill type, rock powder type and impure type, together with the production area and geological unit related to every type.

The present producing areas were grouped in five sand districts, being the Paraíba valley district SD responsible for more than half of the production for the SPMR, followed by the SPMR and the crystalline basement SD, being also defined Ribeira Valley, Paraná Basin and Southwest Minas Gerais

sand districts.

The different types of extraction and processing, as well as the legal aspects and main problems affecting this sector were identified.

The survey made possible to determine the production of every municipality/region, headed by Paraíba valley municipalities, with 57% of the production, and Taubaté, Mogi das Cruzes, Caçapava and Jacareí sending to the SPMR more than 100,000 m<sup>3</sup>/month. All other municipalities, with the exception of Taubaté, send less than 50,000 m<sup>3</sup>/month. The total demand is around 1,000,000 m<sup>3</sup>/month.

The life-time of the different types of reserves was calculated, taking into consideration geological, legal and economic variables. From these data it is possible to expect that the region will remain to be supplied by the Paraíba valley region for the next 20 years. The reserves from the SPMR proper (without Mogi das Cruzes) are limited to ten years. The Paraná basin region will grow its share of the supply, replacing the Paraíba valley region, which will keep only small operations for the local market. In a smaller scale some areas of the Mogi das Cruzes and possibly of the Ribeira valley will remain supplying the SPMR for many years.

### **BERTOLO, Reginaldo Antonio**

*Relações entre rios e o aquífero sedimentar da Bacia de São Paulo em área de exploração intensiva de água subterrânea.* 09 de abril. 108p. Orientador: Nelson Ellert.

**Resumo:** A Bacia Sedimentar de São Paulo apresenta áreas de grande concentração de poços tubulares profundos operando simultaneamente, formando zonas de exploração intensiva de água subterrânea que geraram rebaixamentos generalizados nos níveis potenciométricos do aquífero. A depressão contínua desses níveis proporcionou o surgimento de potenciais de inversão de fluxos de água dos cursos superficiais para o interior do aquífero sedimentar.

Este trabalho objetiva a caracterização da forma com que a exploração intensiva da água subterrânea altera a dinâmica entre os rios Tietê e Tamanduateí com o aquífero sedimentar, numa área situada na porção centro-leste do município de São Paulo, através da definição do modelo de circulação da água subterrânea e através da caracterização das relações hidráulicas entre os rios e aquíferos em determinados locais específicos.

Com base em informações geológicas de 326 poços tubulares profundos e de vários piezômetros e sondagens geotécnicas, observou-se que o aquífero é formado por intercalações de camadas argilosas e arenosas descontínuas horizontal e verticalmente, caracterizando o aquífero como semi-confinado, heterogêneo e anisotrópico.

Estudos estatísticos mostraram que, em função da prática de bombeamento, os níveis d'água nos poços profundos tornam-se progressivamente mais profundos ao longo do tempo e que há uma relação diretamente proporcional entre a profundidade do poço e o nível d'água em seu interior. O bombeamento da água nos poços não chega a gerar, porém, rebaixamentos generalizados nos níveis freáticos em função da grande heterogeneidade no sentido vertical do aquífero.

A água contida nos níveis aquíferos superficiais deve fazer parte de um sistema de fluxos local que se desloca preferencialmente no sentido horizontal, de maior condutividade hidráulica, cuja descarga se dá nas drenagens próximas. Parte deste sistema de fluxos deve, porém, atingir os níveis aquíferos mais profundos através de drenança das camadas semi-permeáveis sobrepostas.

Piezômetros monitorados junto ao rio Tamanduateí mostram condições de recarga dos níveis aquíferos semi-confinados pouco profundos. A superfície freática é, porém, pouco profunda e situa-se acima da cota de base do rio, indicando condições de descarga do aquífero freático. Os poços de observação construídos junto ao Rio Tietê mostram uma situação de condições de descarga do aquífero freático monitorado.

**Abstract:** Zones of high concentration of operating deep wells occur in the São Paulo Sedimentary Basin. This has caused a major decline of the potentiometric levels of the sedimentary aquifer. The continuous depression of these levels have allowed a potential inversion of the water flows from the river into the sedimentary aquifer.

The objective of this work is to characterize how the intense exploitation of groundwater can

change the dynamic of the Tietê and Tamanduatei rivers and the sedimentary aquifer, in an area located in the Eastern part of the São Paulo City, by defining the groundwater circulation model and characterizing the hydraulic relationship between rivers and aquifers in certain places.

Based on hydrogeological and geological information of 326 deep wells and on several piezometers and geotechnical soundings as well, it was observed that the sedimentary aquifer is formed by horizontal and vertical non-continuous interbedded layers of clay sand, which defines a semi-confined, heterogeneous and anisotropic aquifer.

Statistical studies have shown that the water levels in the deep wells are becoming deeper along the time due to the practice of intensive exploration, and that there is a directly proportional relationship between the depth of the well and the water level in its interior. However, all these pumping wells do not cause drawdowns of the water table once the aquifer is very heterogeneous in the vertical direction.

The water which is contained in the shallow aquifers may be considered as making part of a local flow system that moves mostly in the horizontal direction, of a higher hydraulic conductivity, discharging in the nearby drainages. However, part of this local flow system should be reaching the deepest levels of the sedimentary aquifer by the leakage of the upper semipermeable layers.

Monitored piezometers nearby the Tamanduatei River pointed out conditions for the recharge of the shallow semi-confined aquifer levels. The phreatic surface is shallow, however, and is located above the level of the river's deb, indicating conditions for the phreatic aquifer. The monitoring wells constructed nearby the Tietê River showed conditions of discharge of the monitored phreatic aquifer.

#### **BESSA JUNIOR, Oduvaldo**

*Estratigrafia e sedimentação dos depósitos continentais cenozóicos da planície costeira do Estado do Paraná.* 17 de outubro. 143p. Orientador: Kenitiro Suguio.

**Resumo:** O trabalho teve como objetivo o estudo sedimentológico e estratigráfico da Formação Alexandra e de outros sedimentos continentais cenozóicos que ocorrem na região litorânea do Estado do Paraná. Além de uma caracterização geral, com abordagem dos aspectos geomórficos, o trabalho conta com apresentação dos resultados de estudos sedimentológicos e discussão dos possíveis modelos deposicionais desses depósitos.

Os afloramentos de sedimentos da Formação Alexandra ocorrem em duas regiões: uma nas proximidades da estrada Alexandra - Matinhos e outra nas proximidades do rio Guaraqueçaba. As características sedimentológicas dos depósitos são diferentes para cada região, com predomínio de areia e lama na primeira região e predomínio de cascalhos sustentados por clastos na outra. O modelo deposicional admitido para esta formação é de fácies distal de leque aluvial, dividindo-se em fácies de fluxos de lama, de rios entrelaçados com canais confinados e de rio entrelaçados e com canais não-confinados.

Também foram mapeados sedimentos continentais, associados às vertentes da Serra do Mar, que apresentaram características sedimentológicas e geomórficas características de leques aluviais, presumivelmente quaternários. Foram descritos nove leques aluviais na planície costeira do Estado do Paraná, com predomínio de sedimentos arenosos. O modelo deposicional interpretado para estas unidades foi de fácies proximal e distal de leques aluviais, sendo esta dividida em fácies de fluxos de lama, de rios entrelaçados com canais não-confinados, de rios entrelaçados com canais confinados e lagos.

**Abstract:** The present work purposes the sedimentologic and stratigraphic studies of Alexandra Formation and other cenozoic continental sediments. Besides general survey, this work includes the results of sedimentological studies and discussions about possible depositional models.

The occurrence of Alexandra Formation sediments were mapped in two regions: near from PR 508 (Alexandra - Matinho road) and in Guaraqueçaba region, near from PR 404 road. Sedimentological characterization of these deposits are different to each region. Near from PR 508 was registered the predomination of sand and mud; and near from PR 404 it was registered the predomination of gravel clasts supported.

Continental sediments associated to slopes of Serra do Mar with sedimentological and

geomorphological characteristics of alluvial fans, probably from Quaternary, were also mapped.

Were described the presence of nine alluvial fans on the coastal plain of Paraná State, with predomination of sandy deposits.

### **BORGES, Sergio Vieira Freire**

*Geologia da região do médio Curimataú (PB) e o alojamento do granito de Dona Inês associado a zonas de cisalhamento transcidentes brasileiras.* 07 de março. 139p. 1 vol. Orientador: Benjamim Bley de Brito Neves.

**Resumo:** Numa área de aproximadamente 700 km<sup>2</sup> no nordeste da Paraíba e tendo como ponto principal o Município de Dona Inês, foi realizado um mapeamento geológico/estrutural, um levantamento gravimétrico e datações radiométricas pelos métodos Rb/Sr em rocha total e idades modelo Sm/Nd, com intuito de estudar e compreender a geologia dessa porção de terreno, o alojamento do granitóide de Dona Inês e sua relação com as encaixantes e a deformação atuantes à época da intrusão.

A área estudada foi primeiramente objeto de um mapeamento geológico realizado em 1974 pelo DNPM/CPRM no Projeto Leste da Paraíba e Rio Grande do Norte, na escala de 1:250.000, como também foi tema de uma dissertação de mestrado com ênfase em petrologia e geocronologia, desenvolvida por McMurry (1982). O presente trabalho possui um enfoque estrutural, e procura compreender as relações intrusão/encaixante, assim como o controle da intrusão pelas zonas de cisalhamento existentes, numa tentativa de elaborar um modelo para a ascensão e alojamento do plúton de Dona Inês. As *ferramentas* utilizadas para a obtenção desse objetivo foram: mapeamento geológico/estrutural na escala de 1:100.000, gravimetria e geocronologia.

A área cartografada é compreendida principalmente por rochas pré-cambrianas de idades variadas (paleoproterozóicas a neoproterozóicas) e divididas em três unidades litológicas de acordo com critérios petrográficos e estruturais, localizadas no domínio estrutural do Maciço São José de Campestre-Caldas Brandão. A unidade mais antiga é aqui nomeada de Complexo gnáissico-migmatítico, sendo constituída principalmente por ortoderivadas tonalíticas a granodioríticas, gnaissificadas e migmatizadas em alto grau. A segunda unidade é uma seqüência metassedimentar que mantém contato tectônico com o embasamento. É constituída por biotita-gnaisses e micaxistos. A mineralogia também atesta grau metamórfico elevado. No biotita-gnaisses são visíveis feições de migmatização. A terceira unidade mapeada é constituída por granitóides intrusivos nas unidades supracitadas. São eles o augen gnanisse sienogranítico de Araras, o quartzo monzonito e tonalito de Belém e o granitóide de Dona Inês. Coberturas, arenosas fanerozóicas na forma de tabuleiros constituem a unidade litológica mais recente da estratigrafia da área.

À exceção do pacote sedimentar fanerozóico, as demais unidades passaram por uma complexa atividade tectonometamórfica. Foram definida três fases de deformação/metamorfismo. A mais antiga, aqui nomeada de  $D_1/M_0$ , é restrita ao Complexo gnáissico-migmatítico. É caracterizada por um bandamento gnáissico de transposição. Os efeitos do metamorfismo associado foram obliterados pelos eventos subseqüentes, mas feições de migmatização preservadas lhe conferem o fácies anfíbolito superior. A fase intermediária,  $D_{n-1}/M_{n-1}$ , afeta também a seqüência metassedimentar. Suas características principais são foliações de baixo ângulo e dobras recumbentes a isoclinais. O metamorfismo possui gravado várias paragêneses do fácies anfíbolito, com a presença de granada, andaluzita e estaurolita nos micaxistos. Determinações Rb/Sr em rocha total nos tipos migmatizados do Complexo gnáissico-migmatítico resultaram numa idade de  $1884 \pm 52$  Ma para o metamorfismo  $M_{n-2}$ .

A fase  $D_{n-2}/M_{n-2}$  é a mais penetrativa. Afeta também os granitóides e possui uma cinemática transpressiva ligada a Orogêneses Brasileira. Zonas de cisalhamento, dobras de planos axiais verticalizados, foliação  $S_{n-2}$  de mergulho forte e lineação de estiramento de baixo *rake* são características. Seu *trend* é NNE. Na área estudada, ocorrem duas zonas de cisalhamento regionais. A de Pocinhos-Remígio e sua ramificação, a de Cacerengo. A junção de ambas se dá a SW da área mapeada. Paragêneses minerais conferem um caráter retrogressivo ao fácies xisto verde para o metamorfismo  $M_{n-2}$ .

Situado entre as zonas de cisalhamento de Pocinhos-Remígio e Cacerengo, o plúton de Dona Inês, um granitóide com seis fácies petrográficas distintas, apresenta uma forma de elipse achatada horizontalmente (2 km de espessura) e alongada (com cerca de 22 km) paralelamente ao *trend* regional

$S_{n-2}$  de direção NE. O plúton, em superfície, possui uma forma de elipse alongada e seu *fabric* interno, uma foliação sinmagmática, é subconcordante com o *trend* das zonas de cisalhamento regionais e forma com estas uma típica relação S-C com assimetria dextral de grande escala. Todavia, este *fabric* é pouco penetrativo mesmo nas proximidades das zonas de alto *strain*. Estas evidências levaram à formalização de um modelo de alojamento controlado pelos cisalhamentos, embora mais tardio ao pico da deformação  $D_{n-2}$  e relacionado a uma ponte transtracional, responsável pela abertura de uma *cavidade* tectônica para acomodação da intrusão num regime transpressivo dextral, também já conhecido em outros setores do Nordeste Brasileiro.

A idade do plúton de Dona Inês, determinadas pelo método Rb/Sr em rocha total, situa-se no intervalo de  $560 \pm 20$  Ma que também é considerado o final do Ciclo Brasileiro na região. Idades modelo Sm/Nd nos granitóides de Araras, Belém e Dona Inês revelaram idades paleoproterozóicas para seus protólitos de origem crustal, conforme indicado pelo  $\epsilon_{Nd}$  negativo dessas rochas.

**Abstract:** In an area of about 700 km<sup>2</sup> located in the northeast of Paraíba State and having as main point the town of Dona Inês, geologic/structural mapping, a gravimetric survey and radiometric dating using the Rb/Sr method in whole rock and Sm/Nd model ages were undertaken in order to study and to understand the geology of this portion of terrain, the emplacement of the Dona Inês granitoid and its relationship with the enclosing rocks and the deformation acting at the time of the intrusion.

The studied area was first mapped in 1974 by DNP/CPRM in the Eastern Paraíba and Rio Grande do Norte Project, at the 1:250,000 scale, and was the theme of Masters dissertation on petrology and geochronology, developed by McMurry (1982). The present work has a structural emphasis and attempts to understand the relationships between intrusion and enclosing rocks as well the intrusion control by existing shear zones, aiming toward the development of a model for the ascent and emplacement of Dona Inês pluton. The tools used to attain this goal were: geologic/structural mapping, in at the 1:100,000, gravimetry and geochronology.

The mapped area is mainly comprised by precambrian rocks of varied ages (paleoproterozoic and neoproterozoic) separated into three litologic units according to petrographic and structural criteria, located in the structural domain of the São José de Campestre-Caldas Brandão Massive. The oldest unit is here referred to as the gneissic-migmatite complex, mainly constituted by high grade tonalitic and granodioritic orthogneisses. The second unit is a metasedimentary sequence that lies in tectonic contact with the basement. It is made up of biotite-gneisses and micaschists. Their mineralogy attests a high metamorphic grade. Evidence of migmatization is visible in the biotite-gneiss. The third mapped unit is constituted by granitoids intruded in the two other units. They are the Araras syenogranite augen gneiss, the Belém quartz-monzonite and the Dona Inês granitoid. Flat-lying fanerozoic arenaceous covers constitute the most recent litologic unit in the stratigraphic of the area.

Apart the fanerozoic sedimentary package, the remaining units have passed through a complex tectonometamorphic activity. Three deformation/metamorphism phases were defined. The oldest one, here named  $D_n/M_n$ , is restricted to the gneissic-migmatite complex. It is characterized by a transposed gneissic banding. The effects of the associated metamorphism were obliterated by the subsequent events, however preserved migmatization features record upper amphibolite facies. The second phase,  $D_{n+1}/M_{n+1}$ , also affected the metasedimentary sequence. Its main characteristics are low-angle foliations and tight to isoclinal recumbent folds. The metamorphism has recorded several associations of the amphibolite facies with the presence of garnet, andaluzite and staurolite in the schists. Rb/Sr dating in whole rock in migmatized types of gneiss-migmatite complex has resulted in an age of  $1,884 \pm 52$  Ma for the metamorphism  $M_{n-2}$ .

The  $D_{n-2}/M_{n-2}$  phase is the most penetrative. It also affects the granitoids and has a transpressive kinematic related to the Brasileiro Orogeny. Shear zones, folds with vertical axial planes, a strong by dipping foliation  $S_{n-2}$  and a low angle stretching lineation are the characteristics of this phase. It has a NNE structural trend. In the studied area, two regional shear zones occur. The Pocinhos-Remígio shear zone and its ramification, the Cacerengo shear zone. The point of ramification occurs in the southwestern portion of the mapped area. The mineral paragenesis record a retrogressive character toward the greenschist facies for  $M_{n-2}$ .

Situated between the Pocinhos-Remígio and Cacerengo shear zones, the Dona Inês pluton, a granitoid with six different petrographic facies, shows a horizontally flat ellipsoidal shape (2 km thick)

and elongated (about 22 km) parallel to the  $S_{n+2}$  regional NE trend. At the surface, the pluton, has an elongated ellipsoidal shape and its internal fabric, a sinmagmatic foliation, is subconcordant with the regional trend shear zones and forms with these a typical S-C relation within large-scale dextral asymmetry. However, this fabric is a weak even at the vicinities of the high strain zones. These lines of evidence lead to the construction of an emplacement model controlled by the shear zones, although later than the  $D_{n+2}$  deformation peak and related to a transtractional component, which is responsible for the opening of a tectonic cavity for intrusion accommodation on a dextral transpressive regime, well documented in other sectors of Brazilian Northeast.

The age of the pluton of Dona Inês was determined by the Rb/Sr whole rock method as  $560 \pm 20$  Ma (end of Brasiliano Cycle in the region). Sm/Nd model ages in granitoids of Araras, Belém and Dona Inês have revealed paleoproterozoic ages for their crustal sources, as indicated by the negative  $\epsilon_{Nd}$  of this rocks.

### CAMPAGNOLI, Fernando

*Considerações sobre a geologia daSeqüência Turvo-Cajati, na região do Alto Rio Jacupiranguinha, SP.* 28 de maio. 93p. Orientador: Marcos Eglydio da Silva.

**Resumo:** A região do Alto Rio Jacupiranguinha situa-se no município de Cajati, no sul do Estado de São Paulo, e tem sido objeto de estudos regionais por vários autores. Seu posicionamento estratigráfico é ainda confuso, dada à carência de estudos de detalhe e de datações radiométricas.

Este trabalho apresenta uma síntese bibliográfica dos trabalhos realizados na região, uma descrição das unidades observadas, estudos de petrografia que procuram definir as condições de temperatura e pressão durante o metamorfismo, uma análise da geologia estrutural, e datações radiométricas pelos métodos K/Ar e Rb/Sr.

O metamorfismo na área evoluiu de grau fraco a grau médio-forte, com aumento de grau metamórfico de NW para SE, passando de xistos a clorita, biotita e muscovita até gnaisses bandados e migmatitos.

Foram reconhecidos três eventos deformacionais na região, sendo a principal fase decorrente do Brasiliano, que imprimiu marcante foliação de direção aproximadamente EW, com mergulho para sul, e um arranjo imbricado de terrenos suspeitos, com unidades de graus metamórficos distintos, sobrepostos entre si.

São observadas evidências de uma fase anterior e duas posteriores a esse evento. As duas fases posteriores foram responsáveis por dobras de crenulação por dobramentos suaves na foliação principal com falhamentos inversos e transcorrentes de baixo ângulo.

A geocronologia indicou que se trata de uma seqüência de rochas em parte de idade transamazônica, retrabalhadas no Ciclo Brasiliano. As razões iniciais sugerem que essas rochas são produto de retrabalhamento crustal.

Em relação ao posicionamento estratigráfico da Seqüência Turvo-Cajati, considera-se que se trata de rochas em parte do Proterozóico Inferior (Paleoproterozóico) e em parte do Proterozóico Superior (Neoproterozóico). As rochas do Proterozóico Inferior são as pertencentes à Associação Alto Jacupiranguinha, que constituem o embasamento do Grupo Açungui, podendo ainda estar relacionadas ao Domínio Curitiba, no Estado do Paraná.

As rochas do Proterozóico Superior, pertencentes às Associações Cajati e Rochas Verdes, podem ser correlacionadas às do Grupos Açungui.

**Abstract:** The region of Jacupiranguinha river is situated in Cajati country and it has been subject of regional studies by many authors. Its stratigraphic positioning is still confused in face of the lack of detailed studies and radiometric datations.

This thesis presents a bibliographic synthesis of studies carried out in the region, a description of unities observed, petrographic studies aiming to define the conditions of pressure and temperature during the metamorphism, an analysis of structural geology and finally radiometric datations by K/Ar and Rb/Sr methods.

The metamorphism in the study area developed from a low degree to a medium-high degree,

with an increase of metamorphic degree from NW to SE, passing from schists to chlorite, biotite and muscovite to banded gneisses and migmatites.

Three events of strain were recognized. The most important phase is from Brazilian period, which has caused a strong foliation of approximately EW direction, deeping to south and an arrangement of lithologies with different metamorphic degrees.

Evidences of an anterior and other two later phases of that event were observed. The two later phases were responsible for crenulation folds and smooth foldings in the main foliation. Other consequence of that later phases were transcurrent and reverse faults of low angle.

As indicated by geochronology that some rocks are transamazonian age, with reworking during the Brazilian Cycle. The initial reasons show that these rocks are product of crustal rearrangement.

Relating to the stratigraphic positioning of Turvo Cajati Sequence it is considered that part of the rocks dates from Low Proterozoic, and other part dates from High Proterozoic. The rocks of Low Proterozoic belong to Alto Jacupiranguinha Association and constitute the embasament of Açungui Group and they may be related to Curitiba Dominion in Paraná State.

The rocks of Low Proterozoic belong to Cajati and Rochas Verdes Associations, and they may be correlated to Açungui Group.

## CAMPOS, Valquíria de

*Estudo da fixação de fosfato em minerais representativos de solos com características ácidas.* 12 de novembro. 84p. Orientador: Raphael Hypólito.

**Resumo:** Neste trabalho estudou-se o comportamento de minerais representativos de solos ácidos, quando em contato com soluções fosfatadas. Estes minerais foram observados, em uma primeira etapa, individualmente e, a seguir, em misturas.

Efetuarão-se experiências com caulinita ( $Al_2Si_2O_5(OH)_4$ ) e goethita ( $\alpha-FeO.OH$ ) naturais e, também, goethita e gibbsita sintéticas. Utilizou-se caulinita procedente do Rio Capim-AM e goethita proveniente de Congonhas-MG. Como materiais análogos à gibbsita ( $\alpha-Al(OH)_3$ ) e à goethita, utilizaram-se respectivamente, produto p.a. da J.T.Baker Chemical Co e material sintetizado nos laboratórios do Instituto. Dado o baixo rendimento da goethita sintética, obtida através de métodos propostos na literatura, desenvolveu-se com sucesso, novo método de preparação a partir de solução sulfúrica de ferro (II) em atmosfera de oxigênio a temperatura constante de  $70^\circ C$  e adição de amoníaco até pH 3,0.

As experiências de síntese permitiram também constatar que a presença de íons sulfato e amônio podem inibir a formação da goethita e mesmo, transformá-la para fases mais estáveis como amoniojarosita.

Para os experimentos utilizou-se  $H_2PO_4^-$  na forma de sal potássico solúvel. A concentração de fosfato, bem como, o tempo de contato solução/mineral foram parâmetros que definiram os trabalhos experimentais.

Análises mineralógicas, por meio de difratometria de raios X e microscopia eletrônica, mostraram transformações significativas ocorridas com os minerais de partida. Para experimentos com caulinita e material análogo à gibbsita, em que se utilizaram teores médios (1,21 M) e altos (2,42 M) de fosfato, ocorreram reações de dissolução parcial e precipitação com formação de nova fase cristalina: taranaquita com fórmula ideal  $H_5K_3Al_3(PO_4)_6.18.H_2O$ .

Dada a importância, neste trabalho, do mineral neoformado taranaquita, desenvolveu-se também, com sucesso, novo método de síntese. Partiu-se de solução 0,51 M de  $Al(NO_3)_3$ ,  $KH_2PO_4$  0,51 M (pH inicial 3,50) e adição lenta de NaOH 1% até pH 1,80.

Constatou-se também que, goethita natural, em contato com médias e altas concentrações de fosfato, no decorrer de quinze dias, sofreu total dissolução, levando a complexação do ferro como  $Fe[HPO_4]^+$ , que é mais estável que o óxido hidratado de ferro. Para goethita sintética, entretanto, verificou-se através de micrografia eletrônica de transmissão a presença de uma película fosfatada pouco solúvel revestindo a superfície do sólido impedindo assim, o prosseguimento das reações.

Os minerais em estudo, quando associados, apresentaram quadro evolutivo similar a ocasião em que foram tratados individualmente, exceto pela goethita natural que sofreu dissolução parcial.



**Abstract:** In the present work the behavior of acid soil representative minerals was investigated when these materials were in contact with phosphate solutions. Primarily the minerals were observed individually and in mixtures afterwards.

Experiments were performed with natural kaolinite ( $\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$ ) and goethite ( $\alpha\text{-FeO.OH}$ ) as well in synthetic goethite and gibbsite. Kaolinite originated from Rio Capim-AM and goethite from Congonhas-MG were used. As gibbsite ( $\alpha\text{-Al}(\text{OH})_3$ ) and goethite similar materials, a grade p.a. commercial material available from the J.T.Baker Chemical Co and a material synthesized in the laboratory were employed, respectively. Since the yielding of synthetic goethite obtained by the methods described in the literature is low, a new method for goethite preparation was successfully developed. This method uses as a starting compound an iron (II) sulfuric solution kept under an oxygen atmosphere, at  $70^\circ\text{C}$ , followed by the addition of ammoniac to achieve a pH of 3.0.

The synthesis experiments allowed to confirm that the presence of sulfate and ammonium ions can inhibit the formation of goethite, and even to transform it to a most stable phase such as amoniojarsite.

For the present experiments  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  was used in the form of soluble potassium salt. The concentration of phosphate and the contact time between the solution and the mineral were parameters that established the experimental work.

Mineralogical analyses based upon X-ray diffraction and transmission electron microscopy showed that significant transformation occurred with the original minerals. For and high (2.42 M) phosphate concentration were used, partial dissolution reactions and precipitation with a new crystalline phase formation occurred. This phase corresponds to a mineral which has an ideal taranakite  $\text{H}_6\text{K}_3\text{Al}_5(\text{PO}_4)_8 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$  analytical formula.

Since the importance in this work the mineral taranakite, a new method preparation was successfully developed too. This method uses a starting compound a 0.51 M from  $\text{Al}(\text{NO}_3)_3$ ,  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  0.51 M (a initial pH 3.50) and addition of NaOH 1% to achieve a pH of 1.8.

Natural goethite when in contact with medium and high phosphate concentration during fifteen days, was totally dissolve causing iron complexon, i.e.  $\text{Fe}[\text{HPO}_4]^-$ . This compound is more stable than the hydrous iron oxide. However, for the synthetic goethite a low soluble phosphate layer on the solid surfaces was observed by transmission electron microscopy. This layer blocks the reactions progression.

Similar evolution features were noted for these minerals when in the associated state, except for the natural goethite which suffered partial dissolution.

#### **CARVALHO, Flávio Machado de Souza**

*Refinamento da estrutura cristalina de quartzo, corindon e criptomelana utilizando o método de Rietveld.*  
04 de novembro. 73p. Orientador: Daniel Atencio.

**Resumo:** Este trabalho apresenta o refinamento das estruturas cristalinas do quartzo, do corindon e de um material sintético, análogo ao mineral criptomelana, utilizando o método de Rietveld. Com o quartzo e corindon, testou-se a aplicabilidade do método e seus procedimentos instrumentais, teóricos, computacionais e os efeitos intrínsecos de preparação de amostras. A partir disto, estabeleceu-se um esquema de trabalho para a realização dos refinamentos. Os dados cristalográficos obtidos para estes minerais concordaram com os apresentados na literatura. Algumas discrepâncias nas intensidades dos picos não puderam ser minimizadas devido a problemas instrumentais, por problemas específicos do difratômetro disponível e, ainda, pela impossibilidade de se tratar os parâmetros térmicos. Para a criptomelana, grupo espacial  $I4/m$ , obtiveram-se: parâmetros da cela unitária  $a_0 = 9,82(1)$  e  $c_0 = 2,555(4)\text{Å}$ ; coordenadas atômicas  $\text{Mn } x = 0,3493(5)$ ,  $y = 0,1687(5)$ ;  $\text{O}[1] x = 0,157(1)$ ,  $y = 0,201(2)$ ;  $\text{O}[2] x = 0,534(2)$ ,  $y = 0,160(2)$  e o fator de ocupação do potássio  $M = 0,06(2)$ . Os índices de critério para avaliação do refinamento obtidos foram  $R_{wp} = 18,50$ ;  $R_p = 13,77$ ;  $S = 0,56$ ;  $D_w-d = 0,42$ ;  $R_b = 8,50$ . De modo geral, os dados foram concordantes com uma estrutura de inomanganato, constituída por quatro cadeias duplas de octaedros de  $[\text{MnO}_6]$ , formando um túnel onde se aloja o potássio, cujo fator de ocupação (M) está de acordo com suas coordenadas atômicas e com a composição química da criptomelana estudada.

**Abstract:** This research presents the Rietveld refinement of the crystal structures of the quartz, corundum and of a synthetic analogue of cryptomelane. Quartz and corundum were used to test applicability of the method and its instrumental, theoretical and software procedures, as well as the intrinsic effects of the sample preparation and to establish a satisfactory work procedure. A sequence of work was established. Crystallographic data obtained for the minerals agreed with those presented in the literature. Some discrepancies on the peak intensities could not be minimized due to instrumental problems, specific problems of the available diffractometer and impossibility to deal with the thermal parameters. For the cryptomelane, space group I4/M, the following data were obtained: cells parameter's  $a_0 = 9.82(1) \text{ \AA}$  e  $c_0 = 2.555(4) \text{ \AA}$ ; atomic coordinators Mn  $x = 0.3493(5)$ ,  $y = 0.1687(5)$ ; O[1]  $x = 0.157(1)$ ,  $y = 0.201(2)$ ; O[2]  $x = 0.534(2)$ ,  $y = 0.160(2)$  and occupation factor of potassium M = 0.06(2). The confidence indexes for evaluation of the refinement obtained were  $R_{wp} = 18,50$ ;  $R_p = 13,77$ ;  $S = 0,56$ ;  $D_w-d = 0,42$ ;  $R_b = 8,50$ . The data agree with the structure of an inomanganate formed by four double chains of  $[MnO_6]$  octahedra, creating a tunnel where potassium is found. The occupation factor of potassium is in agreement with its atomic coordinates and chemical composition of the studied cryptomelane.

#### **CAVALCANTI, Malva Andrea Mancuso Paraiso**

*Impacto dos sistemas de saneamento "in situ" nas águas subterrâneas no Bairro de Piratininga-Município de Niterói (RJ). 16 de abril.124p.. Orientador: Alberto Pacheco.*

**Resumo:** Neste trabalho foi estudado o impacto ocasionado pela utilização de sistemas de tratamento "in situ" de esgotos nas águas subterrâneas do bairro de Piratininga. A área localizada na região litorânea do município de Niterói (RJ) não possui rede coletora de esgotos, que é tratado "in situ", em cada residência. As águas subterrâneas representam, em 92% dos casos, a principal fonte de abastecimento doméstico.

O objetivo do trabalho foi avaliar a qualidade das águas subterrâneas, estabelecendo o impacto gerado pelo uso de sistemas de disposição "in situ" de esgotos e o período em que o consumo da água subterrânea possa representar algum risco para a saúde pública.

Na área de baixada se observaram altas concentrações de nitrogênio amoniacal e nitrato, além da presença de coliformes totais e fecais. O principal risco nestes locais é a disseminação de doenças de veiculação hídrica.

Na restinga, foram observados valores elevados de nitrogênio amoniacal e em alguns casos de nitrato. A ingestão da água desses poços pode ocasionar doenças relacionadas com os altos teores de nitrato.

Através do monitoramento da qualidade da água subterrânea, observou-se que no período de precipitação pluviométrica, a infiltração de esgotos e a elevação do nível d'água do aquífero favorecem a contaminação das águas subterrâneas, que na área de baixada atingem fossas e sumidouros.

Recomenda-se o estudo mais aprofundado sobre a utilização do digestor anaeróbico de fluxo ascendente e da fossa séptica mais filtro anaeróbico, como alternativas para o tratamento de esgotos comunitários.

**Abstract:** Impact of "in situ" treatment's system of waste water in ground-water of Piratininga quarter was studied. This area located in the coastal region of Niterói city, State of Rio de Janeiro, has not sewage net and waste water is being treated in each house. On the other side, groundwater is the main source of domestic supply.

The aim of this work was evaluation of groundwater quality, the impact of the use of "in situ" domestic systems of waste water and for how long groundwater consumption would not offer risks to public health.

In the lower areas high concentrations of ammoniacal and nitrate nitrogen, were observed besides the presence of total and faecal coliforms. Main risk in these locations is the dissemination of hydric veiculation diseases.

In the sand bar, were observed high values of ammoniacal nitrogen and, in some cases, nitrate. Water ingestion from well have located could caused diseases related to high nitrates concentration.

During monitoring of groundwater quality, it was observed that in rainy periods, the elevation of water table infiltration of waste water was favoured increasing contamination of groundwater, specially in the lower with cesspool.

It's recommended a deeper study on the use of anaerobic digester of ascendent flux and cesspool septic with anaerobic filter, as an alternative to treatment of community wastewater.

### COELHO, Rodrigo Octavio

*Estudo hidroquímico e isotópico do Aquífero Bauru, sudoeste do Estado de São Paulo*. 16 de abril. 103p. Orientadora: Annkarin Aurelia Kimmelman e Silva.

**Resumo:** As águas subterrâneas do Sistema Aquífero Bauru constituem uma das mais exploradas fontes de água potável do Estado de São Paulo, graças às suas características de ampla distribuição geográfica e pouca profundidade de exploração, acarretando menores investimentos. Além disto suas águas são, na sua maioria, de boa qualidade para consumo humano.

A área de estudo abrange a faixa do Estado de São Paulo que vai de São Manuel no centro do estado, seguindo num eixo rumo noroeste até Presidente Epitácio no extremo oeste do estado. Esta faixa tem cerca de 380 km de extensão e segue aproximadamente a mesma orientação do Rio Paranapanema.

As características químicas e isotópicas das águas analisadas, associadas às características hidrogeológicas dos poços amostrados, nos permite estabelecer relações entre as águas provenientes destes três Sistemas Aquíferos, que são os mais importantes do estado.

O principal objetivo deste trabalho é caracterizar, do ponto de vista hidroquímico e isotópico, as águas subterrâneas amostradas, avaliando a relação entre as águas do Sistema Aquífero Bauru e as águas dos Sistemas Aquíferos Serra Geral e Botucatu, sotopostos. Essa caracterização permite conhecer melhor a origem e evolução das águas subterrâneas estudadas.

As análises hidroquímicas revelam que as águas do Sistema Aquífero Bauru são, de um modo geral, pouco mineralizadas, classificando-se principalmente como bicarbonatadas cálcicas ou magnesianas.

Os resultados isotópicos de  $\delta^2\text{H}$  e  $\delta^{18}\text{O}$  mostram que todas as águas analisadas são de origem meteórica. Os resultados de  $\delta^{13}\text{C}$  nas águas subterrâneas do Sistema Aquífero Bauru estão coerentes com as características hidrogeológicas dessas águas. As pequenas diferenças observadas entre as regiões de Marília e Tupã podem ser explicadas por características litológicas distintas.

Os resultados  $\delta^{13}\text{C}$  e de  $^{14}\text{C}$  nas águas subterrâneas do Sistema Aquífero Botucatu mostram alguns valores incompatíveis com as características hidrogeológicas dos poços amostrados, revelando assim possíveis misturas de águas mais jovens de outros aquíferos, causadas por problemas no revestimento dos poços.

**Abstract:** The Bauru Aquifer System is highly exploited in the State of São Paulo due to its availability, low drilling price and good water quality.

The area of investigation includes de southwestern part of the State of São Paulo and follows a crosssection from the border of the Paraná Basin to its central part. In the east it covers the city of São Manuel and in the west it reaches the city of Presidente Epitácio. It has about 380 km of lenght and follows the Paranapanema River Valley.

The aim of this study, carried out based on a combined hydrogeochemical and environmental isotope investigation, is the better understanding of the origin and flow process of these groundwaters and their hydrochemical behaviours. Hydrochemical results reveal that the Bauru groundwaters are weakly mineralized, mainly calcium and/or magnesium bicarbonated.

The  $\delta^2\text{H}$  and  $\delta^{18}\text{O}$  results show, that groundwaters are of meteoric origin. The  $^{13}\text{C}$  content in the Bauru groundwaters show a concordance with their hydrogeological characteristics. The little differences observed between Marília and Tupã can be attributed to lithological differences.

The  $\delta^{13}\text{C}$  and  $^{14}\text{C}$  results in deep Botucatu groundwaters reveal some incompatibilities with the hydrogeological characteristic of the sampled wells, indicating and admixture of young surface near groundwaters, due probably to casing problems.

**DEHLER, Nolan Maia**

*Análise geométrica e cinemática dos metassedimentos da Klippe de Ijaci, sul de Minas Gerais.* 18 de junho. 126p. Orientador: Rômulo Machado.

**Resumo:** O presente trabalho foi desenvolvido na região de Ijaci, sul do estado de Minas Gerais, enfatizando a análise estrutural (geométrica e cinemática) e microtectônica, de rochas metassedimentares correlacionáveis ao Grupo São João Del Rei, na região. Para tanto realizou-se mapeamento geológico-estrutural na escala de detalhe (1:25.000).

Foram separados dois domínios litoestruturais na área estudada: o domínio do embasamento, composto por ortognaisses graníticos a granodioríticos com graus variados de gnaissificação, caracterizado por uma foliação tectônica de direção E-W e mergulhos íngremes para sul ou para norte; e o domínio da cobertura metassedimentar, composta por mármore na base, com intercalações de níveis ou lentes de rochas metapelíticas, e, no topo, por uma seqüência estratificada de quartzitos micáceos e muscovita-clorita filitos, localmente grafitosos. A pirita está presente como porfiroblastos por toda a seqüência metassedimentar, e os mármore são localmente ricos em H<sub>2</sub>S. A cobertura metassedimentar é caracterizada por uma foliação tectônica principal, com caimento suave, predominantemente para sul.

Associados à foliação principal ocorre uma lineação de estiramento-mineral de mergulho (*dip*), ou levemente oblíqua, e indicadores cinemáticos, como pares de foliações S-C, dobras consistentemente assimétricas e dobras em bainha, indicando conjuntamente um transporte tectônico para NNW. A presença destas estruturas demonstra a natureza não coaxial da deformação cisalhante, associada à geração da foliação principal. A ausência deste estilo estrutural nas rochas do embasamento, juntamente com a diferença de ductibilidade entre os dois domínios litoestruturais e as estruturas acima descritas, sugere uma aloctonia das rochas da cobertura. A paragênese das foliações S-C, constituída por muscovita + clorita + biotita + quartzo nos metapelitos, indicam que ambas as foliações foram originadas sob as mesmas condições de P e T, características do fácies xisto-verde, zona da biotita.

Num estágio tardio, mas ainda associado à fase de deformação principal, desenvolveram-se dobras assimétricas, com vergência para norte e eixos de direção E-W e WSW-ENE, e provavelmente planos de cisalhamento rúpteis, subparalelos à foliação principal, associados ao crescimento de fibras, indicando mesma vergência da tectônica dúctil.

Posteriormente ao desenvolvimento das dobras E-W, houve a instalação de planos de cisalhamento discretos (*shear bands*), com assimetria indicando uma movimentação extensional. Estes planos, assim como as demais estruturas previamente formadas, foram afetadas por dobras suaves, com eixos na direção N-S, e com mergulhos suaves para sul. Outras estruturas, provavelmente as mais jovens encontradas na área estudada, são zonas de cisalhamento rúpteis-dúcteis, nas direções E-W e NNE, associadas a reativações de direções estruturais mais antigas, presentes nas rochas do embasamento. Estas estruturas provavelmente tiveram uma importância fundamental na preservação dos metassedimentos estudados.

A fase de deformação principal observada nas rochas da cobertura não envolveu as rochas do embasamento, sugerindo que as rochas da cobertura tenham sofrido uma deformação do tipo epidérmica (*thin skin*), localizando assim a região, do ponto de vista geotectônico, na zona externa do orógeno, cuja parte mais interna estaria a sul.

**Abstract:** The present work was undertaken in the Ijaci region, southern Minas Gerais state, and involved geological mapping, emphasizing geometric and kinematic analysis of the structures in the meta-sedimentary cover.

Two lithostructural domains were distinguished: the basement domain, composed by granitic and granodioritic orthogneisses, with a steep plunging E-W tectonic foliation; and the meta-sedimentary cover domain, composed by marbles at the base, and pelites and quartzites at the top. The meta-sedimentary cover is characterized by a sub-horizontal tectonic foliation, that plunges gently to the south. In the plane of tectonic foliation of the metasediments, a down plunge mineral-stretching lineation was recognized with shear sense indicators, such as S-C foliations planes, asymmetrical folds and sheath folds, that indicates topo to NNW sense of shear. Microtectonic data suggest that the S and C foliation planes formed at the same time, under greenschist metamorphic conditions (biotite zone). This structural style is absent from in the basement rocks. This fact and the ductility contrast between the two lithostructural

domains suggest a allochthonous character for the meta-sedimentary cover. In the late stage of the compressive evolution, folds with sub-horizontal hinge lines, plunging to the WSW direction were developed.

After the compressive evolution, conjugated assymetrical extensional shear bands, with NE-SW general trend, and open folds, with hinge lines plunging gently to the south were developed. Probably the youngest structures observed in the cover are ductil-ruptil shear zones, subparallel to the old structural trend of the basement domain.

Finally, it is concluded that the meta-sedimentary cover forms a klippe, and that it was affected by thin-skin tectonics, with thrust movements vergent to the foreland. Hence, the studied rocks may be localized in the extrenal parts of a orogen, with internal parts localized in the south.

### **FLORENCIO, Cláudio Pires**

*Geologia dos evaporitos Paripueira na porção alagoana da Bacia de Sergipe/Alagoas.* 11 de abril. 94p. Orientador: Evaristo Ribeiro Filho.

**Resumo:** Esta dissertação tem como objetivo contribuir para um melhor conhecimento sobre os aspectos geológicos que envolvem os evaporitos Paripueira na porção alagoana da Bacia de Sergipe/Alagoas. O estudo de tais depósitos reveste-se de grande importância econômica pois os sais são produtos básicos para a produção de matéria-prima para diversas indústrias. São reconhecidas duas fases evaporíticas: Paripueira e Ibura, ambas depositadas durante o Cretáceo Inferior. Os dados foram obtidos a partir de estudos petrográficos, geofísicos e geoquímicos, envolvendo testemunhos de sondagens, perfilações de poços, perfis compostos, linhas sísmicas e análises químicas. Os evaporitos Paripueira estão distribuídos em três principais áreas relacionadas aos baixos estruturais, formando bacias aparentemente isoladas, denominadas de Paripueira, Maceió e Coruripe. Nessas áreas o intervalo salífero é formado essencialmente por depósitos de halita irregularmente dispersos, e ocupando diferentes posições estratigráficas no Membro Maceió, com espessuras, profundidades e quantidade de camadas variável, apresentando intercalações de rochas carbonáticas e siliciclásticas, não sendo encontrados sais mais solúveis. As maiores profundidades ocorrem na área do Coruripe, atual porção submersa da bacia. A sub-bacia de Paripueira destaca-se como área promissora e economicamente viável para mineração por dissolução subterrânea. São reconhecidas duas fácies halíticas, denominadas de bandeada e cristaloblástica, com predominância da primeira sobre a última. Os resultados analíticos para teores de bromo e geoquímica orgânica apontam uma origem marinha para as salmouras responsáveis pela formação desses sais. A irregularidade na distribuição das camadas salíferas, e a diferença de espessuras em poços relativamente próximos, evidenciam sucessivos avanços e recuos da salmoura cujo aporte ocorreu, em condições de pré-concentração, pobre em carbonatos e sulfatos.

**Abstract:** This dissertation has an objective to contribute to a better understanding about the geological aspects that involve the Paripueira evaporites on the alagoan site of the Sergipe/Alagoas Basin. The study of such deposits has a great economic relevance, once the salts are basic elements for the productive of raw materials for several industries. Two evaporitic phases are known: Paripueira and Ibura, both originated during the Eocretaceous. The data were obtained from petrographics, geophysics and geochemicals studies, involving drill cores, well logs, composed profiles, seismic lines and chemical analisys. The Paripueira evaporites are distributed in three principal areas related to the structural low lands, forming apparently isolated basins wich are named Paripueira, Maceió and Cururipe. In these areas the saliferous is formed basically by deposits of halita anomalously distributes and occupying different stratigraphics positions in Maceió Member, with thickness, deepness and quantity of variable layers, presenting intercalated carbonate and siliciclastics rocks. More soluble salts are not found. The great deeps are present in the Coruripe area, the atual submerged portion of the basin. The Paripueira sub-basin is important as a promise area, economic viable for prospection by underground dissolution. Two halitical facies are known wich are named as banded and crystalloblastic, with predominance of the first. The analytical results of the bromine and organic geochemical contents indicate marine origin of the brines wich are responsible for the formation of those salts. The irregularities in the distribution of the saliferous layers, and the thickness difference in wells relatively near each other indicated point out to successives

forward and backward movements of the brine, which have happened in pre-concentrated conditions, poor in carbonate and sulfate.

**GARCIA, Maria da Glória Motta**

*Análise cinemática do setor de junção entre as zonas de cisalhamento direcionais São Bento do Sapucaí, Sertãozinho e Jundiuvira, nas imediações de Piracaiá-SP.* 12 de abril. 104p. Orientador: Mario da Costa Campos Neto.

**Resumo:** O setor centro-leste do Estado de São Paulo é caracterizado por um importante sistema de falhas transcorrentes que se constitui na feição mais visível da Faixa Ribeira. O objetivo deste trabalho é compreender a evolução cinemática de uma área atravessada por três destas zonas de cisalhamento direcionais: São Bento do Sapucaí (ZCSBS), Sertãozinho (ZCS) e Jundiuvira (ZCJ).

As rochas mapeadas foram individualizadas nas seguintes unidades: Complexo Piracaiá, constituído por paragneisses e xistos a granada localmente migmatizados. Grupo Serra do Itaberaba, seqüência metavulcano-sedimentar com sillimanita-xistos, biotita-xistos, quartzitos, sericita-filitos e metabásicas e Grupo São Roque, formado por metarenitos a metargilitos. Estes terrenos são intrudidos por ortogneisses de composição granítica-granodiorítica (Serra do Barro Branco) a granítica (Serra do Mato Mole) e por vários corpos granitóides menores.

A movimentação das zonas de cisalhamento direcionais foi responsável pela geração da foliação mais persistente na área (S<sub>n</sub> milonítica), orientada preferencialmente NE e plano axial a dobras apertadas a isoclinais em superfícies S(n-1). A similaridade mineralógica entre os dois planos sugere uma evolução progressiva sobre a própria foliação milonítica principal. Esta foliação é modificada localmente por clivagens S(n+1), tardias ou posteriores ao seu desenvolvimento e plano-axiais a dobras assimétricas com vergência para NW.

O deslocamento sinistral das zonas de cisalhamento São Bento do Sapucaí e Sertãozinho gerou movimentos laterais oblíquos divergentes essencialmente subhorizontais, responsáveis pelo desenvolvimento de uma estrutura em flor negativa (na ZCSBS) que permitiu o abatimento de rochas de grau mais baixo e provavelmente a colocação de corpos graníticos (Serra do Mato Mole). A movimentação dextral posterior da ZCJ gerou domínios transtrativos, preenchidos por metassedimentos, e transpressivos, responsáveis por compressão generalizada para NW e pelo desenvolvimento de grande parte das estruturas S(n+1). Esta inversão tectônica foi acompanhada de redução na temperatura em toda a área.

Com base nos estudos de orientação preferencial cristalográfica (OPC) de eixos-C de quartzo foi possível a individualização de dois setores, caracterizados, respectivamente, por deformação não coaxial (cisalhamento simples) e deformação não-coaxial associada a achatamento (transpressão). Estes setores estão relacionados com os limites do domínio transpressivo da ZCJ, cujos padrões de OPC sugerem ainda redução na temperatura de deformação das bordas para o centro.

**Abstract:** The middle-eastern part of the State of São Paulo is characterized by a transcurrent fault system that is the most visible feature of the Ribeira Belt. The aim of this research is to understand the kinematic evolution of an area cross-cut by three of these strike-slip shear zones (SZ): São Bento do Sapucaí (SBSSZ), Sertãozinho (SSZ) and Jundiuvira (JSZ).

Field data allowed identification of the following units: Piracaiá Complex, composed of paragneissic rocks and locally migmatized garnet schists; Serra do Itaberaba Group, a metavolcanic-sedimentary sequence that includes sillimanite-schists, biotite-schists, quartzites, sericite-filites and metabasic rocks; and São Roque Group, made up of metasandstones to metamudstones. These terrains are intruded by orthogneissic rocks of granitic-granodioritic (Serra do Barro Branco) to granitic (Serra do Mato Mole) composition and by several small granitic bodies.

Displacement along these zones has generated the most penetrative planar structure in the area, an axial-plane foliation (mylonitic, called S<sub>n</sub>) to tight to isoclinal folds of S(n-1) surfaces, oriented mostly NE. The mineralogical resemblance between the two planes suggests a progressive evolution of the main mylonitic foliation. Its is locally modified by late to post S(n+1) axial-plane cleavages to asymmetric, northwest-verging folds.

A sinistral sense of shear, identified in the São Bento to Sapucaí and Sertãozinho shear zones, produced mainly horizontal, divergent oblique lateral movements, by which a negative flower structure evolved (SBSSZ), leading to the subsidence of low-grade metasedimentary blocks and emplacement of granitic bodies (Serra do Mato Mole). The late dextral shear movement of the JSZ gave rise to transtensive domains, occupied by metasedimentary rocks, and transpressive domains, which led to a general compression toward the NW and to the development of the S(n+1) structures. This tectonic inversion was accompanied by a temperature reduction in the whole area.

On the basis of lattice preferred orientation (LPO) analysis of quartz C-axes it was possible to identify two main sectors, which are characterised, respectively, by non-coaxial deformation (simple shear) and non-coaxial deformation followed by flattening (transpression). These sectors are related to the limits of the JSZ transpressive domain, in which the LPO patterns also suggest a decrease in the temperature of deformation from the boundaries to the centre.

#### MORANDINI, Patricia Galvão

*Chuva ácida: estudo de caso no campus USP/SP.* 12 de abril. 94p. Orientador: Uriel Duarte.

**Resumo:** O fenômeno denominado de "chuva ácida" é considerado, entre diversos pesquisadores, como um dos mais sérios problemas ambientais.

Este trabalho tem como objetivo mostrar, através de um estudo teórico e prático, os problemas advindos da emissão de poluentes na atmosfera, seja por fonte natural ou antrópica, que propiciam a ocorrência de chuva ácida.

Para a realização do trabalho prático, foi confeccionado um coletor manual, a partir do qual obteve-se, durante o período de 1 ano (nov/94 a nov/95), na Cidade Universitária (USP/SP), coletas bisemanais de água de chuva, com o propósito de caracterizá-la quanto à sua acidez, condutividade elétrica, qualidade química, além de sua quantificação volumétrica.

Após o período de coleta, foi possível obter uma pluviosidade de 1.236,71 mm/ano, caracterizada por verão chuvoso e inverno seco. Através da concentração dos elementos químicos observa-se origem continental para a água analisada, sendo os íons predominantes, sulfato e cálcio.

É importante ressaltar que para a caracterização da água de chuva deve-se estar atento a todos os aspectos da região, como o clima, urbanização, industrialização, características geográficas, entre outros, uma vez que estes fatores influenciam, direta ou indiretamente, a composição química da água analisada.

A Região Metropolitana de São Paulo (local deste estudo), por exemplo, está situada entre os maiores conglomerados humanos do mundo, com uma população de aproximadamente 18 milhões de pessoas, um grande parque industrial, além de uma grande frota veicular, fatores estes que não devem ser descartados quando da análise da qualidade da água de chuva num contexto ambiental.

**Abstract:** The phenomena called "acid rain" is considered, by many researchers, one of the most serious environmental problem.

This work has the aim of showing, in a theoretical and practical study, the problems caused by the atmospheric-pollutant emission, through natural or antropogenic sources.

In a period of 1 year (nov/94 - nov/95), it was realized a practical work on rainwater, which consisted of collecting and, afterwards, analysing some physical and chemical parameters of this water, such as acidity, ionic concentrations, etc, with the purpose of characterizing the rainwater in Cidade Universitária (SP, Brazil).

After ending the practical part, it was possible to observe a 1,236.71 mm/y pluviosity, characterized by rainy summer and dry winter. The chemical-constituent-concentration analysis show us the predominance of  $\text{SO}_4^{2-}$  and  $\text{Ca}^{2+}$ , and a continental-origin water.

It is necessary to emphasize the importance of sticking out every regional aspect, like climate, urbanization, geographic characteristics, etc that influences, directly or indirectly, the chemical composition of the water (specially when dealing with rain water).

The Region of São Paulo (Brazil), site of this study, is one of the largest metropolitan and industrialized areas of the world, which includes 18 million people, beside to an enormous industrial and

vehicular complex.

The acidity in the rain water is a complex problem and it must be treated by a range of disciplines to have a better comprehension of the causes/ effects of the acid rain.

### **PASSARELLI, Cláudia Regina**

*Análise estrutural e caracterização do magmatismo da zona de cisalhamento Major Gercino, SC.* 24 de maio. 179p. Orientador: Miguel Angelo Stipp Basei.

**Resumo:** Este trabalho se constitui na caracterização geométrica e cinemática da Zona de Cisalhamento Major Gercino (ZCMG), no trecho Canelinha - Garcia, região centro-leste do estado de Santa Catarina. Este lineamento faz parte do importante sistema de cisalhamento de direção NE-SW que afeta a região sul-brasileira e uruguaia. Ao longo de toda sua extensão, a ZCMG separa duas áreas geologicamente diferentes que correspondem, em Santa Catarina, aos domínios interno (granitóides) e intermediário (supracrustais) do Cinturão Dom Feliciano (CDF). Esta zona de cisalhamento possui estruturação geral NE, com características dúcteis e movimentação predominantemente dextral. A geração das rochas miloníticas deu-se, principalmente, no grau metamórfico xisto-verde.

Na região estudada, a ZCMG caracteriza-se por uma faixa milonítica principal a noroeste (faixa milonítica norte), com cataclastos até ultramilonitos, predominando rochas com texturas protomiloníticas e miloníticas, e uma faixa milonítica sudeste (faixa milonítica sul), onde predominam rochas miloníticas. Entre essas faixas ocorre um conjunto de granitóides associado ao desenvolvimento da ZCMG. A faixa milonítica norte limita os metassedimentos do Grupo Brusque a noroeste dos granitóides centrais e a faixa milonítica sul faz o contato entre esses mesmos granitóides e os granitóides do Complexo-Granito-Migmatítico (Domínio Interno do CDF).

O magmatismo cálcio-alcálico ocorrente na área está representado pelos granitóides da Associação Granitóide Rolador (AGR) e da Associação Granitóide Fernandes (AGF) compreendendo rochas metaluminosas a peraluminosas. A AGR apresenta, predominantemente, biotita-monzogranitos cinzentos, porfíricos a porfiróides, e na AGF predomina uma série petrográfica de anfibólio-sienogranitos róseos, porfiróides.

Este magmatismo granítico teve grande expressão no Neoproterozóico, entre 670 e 570 Ma (conforme datações isocrônicas Rb/Sr RT e U/Pb em zircões), denotando adicionalmente, através das razões iniciais ( $Sr^{87}/Sr^{86}$ ), importante contribuição de material crustal na sua formação. O padrão de resfriamento mostra-se um pouco mais jovem, entre 580 e 560 Ma, conforme dados K-Ar em biotitas.

A ZCMG teve uma evolução cinemática complexa, caracterizada pelas estruturas mesoscópicas, análises obtidas pelo método de Fry e pelos eixos-c de quartzo. Tais análises estruturais, mostram uma movimentação predominantemente dextral, com uma importante componente oblíqua associada. A orientação da faixa milonítica, em relação ao campo de tensores determinados, indica que importante componente da deformação foi por cisalhamento puro, tendo acarretado, em inflexões locais, movimentações sinistrais.

Esta componente coaxial é sugerida por petrotramas de concentrações simétricas e elipses de deformação com eixo Z a  $90^\circ$  da foliação milonítica, bem como pela existência de porfiroclastos simétricos em seções delgadas.

As rochas miloníticas da ZCMG apresentam orientação cristalográfica desenvolvida sob temperaturas relativamente baixas, indicada pelo metamorfismo no fácies xisto-verde e pelos petrotramas. Apesar da baixa temperatura, esta orientação originou-se em condições de alta taxa de deformação, evidenciada pela presença de minerais deformados e estirados e pela geração de rochas miloníticas e ultramiloníticas, onde comumente ocorre, total paralelização das superfícies S e C. Idades K-Ar obtidas em biotitas e muscovitas destas rochas, concentram-se no intervalo 570 e 540 Ma, representando épocas relacionadas ao resfriamento destas, a temperaturas inferiores a 250-300°C.

Reativações rúpteis tardias (com direções em torno de N-S e N50W) são indicadas por estruturas lineares bem caracterizadas em fotografias aéreas e imagens de radar, por fraturamentos repetitivos em afloramentos, bem como pela presença, em seções delgadas, de fraturamentos transgranulares de minerais. Estas movimentações tardias são também indicadas pelas informações geocronológicas obtidas através do método K-Ar em frações finas, que acusaram idades entre 230 e 206



Ma (Triássico médio a superior e Jurássico inferior). Tais dados obtidos em frações finas minerais, foram interpretados como relativos a condições metamórficas de baixo grau ou muito baixo grau (transição rúptil-dúctil).

**Abstract:** This work describes the geometric and kinematic characteristics of the Major Gercino Shear Zone (MGSZ) in the Canelinha - Garcia area. This shear zone is one of the major lineaments that affect all southern Brazilian Precambrian terrains. In Santa Catarina State it separates, along its whole extension, the supracrustal rocks of the Brusque belt (northern part) from the Granitoid belt (southern). This zone is characterized by a regional NE trend and a dextral sense of movement where ductile-brittle structures predominate.

The MGSZ is composed of two mylonitic belts separated by granitoid rocks probably associated to the development of the shear zone. Both shear zone show cataclastic to ultramylonitic rocks, but mylonites and protomylonites predominate. Most of mylonitic rocks were produced under green schist metamorphic conditions at high strain rate.

The calc-alkaline granitoids present in the area can be grouped in two granitoid associations with meta to peraluminous affinities. The Rolador Granitoid Association (RGA) is characterized by greyish porphyritic biotite-monzogranites and the Fernandes Granitoid Association (FGA) by coarse-grained to porphyritic pinkish amphibole-syenogranites. The U-Pb and Rb-Sr ages range from 670 to 590 Ma with the  $Sr^{87}/Sr^{86}$  initial ratios suggesting a crustal contribution in the generation of these rocks.

Despite the sinistral displacement often observed, most of the mesoscopic structures and kinematic indicators show predominance of dextral movement with an important oblique component. The results of the c-axes analyses in quartz-rich rocks are in good agreement with this interpretation also indicating a coaxial deformation produced by pure shear strain as can be seen in the symmetric pattern of the preferred orientations of the c axes in many of the diagrams obtained in the MGSZ.

The importance of the pure shear component is also emphasized by the results of the Fry method. Many z axes of the strain ellipses are at high angle to the shear foliation. Symmetric porphyroclasts also corroborate this hypothesis.

The micaceous minerals formed during the shear development indicate K-Ar ages around  $555 \pm 15$  Ma. Brittle reactivation of the shear zone have been placed by K-Ar in fine-fraction materials at Triassic time ( $215 \pm 15$  Ma).

### **PESSOA, Paulo Fernando Pereira**

*Caracterização hidrogeológica da região cárstica de Sete Lagoas-MG: potencialidades e riscos.* 11 de abril. 121p. Orientador: Uriel Duarte.

**Resumo:** A cidade de Sete Lagoas situada ao norte de Belo Horizonte representa um importante centro industrial metalúrgico, exercendo considerável influência sobre os municípios vizinhos. A avançada urbanização e crescimento de atividades potencialmente prejudiciais à qualidade de vida da população implicaram na necessidade de se avaliar as características hidrogeológicas locais, uma vez que os recursos hídricos subterrâneos representam 100% da demanda do consumo público.

As investigações de campo foram executadas simultaneamente à execução do projeto VIDA (Viabilidade Industrial e Defesa Ambiental), desenvolvido pela CPRM (Cia. de Pesquisa de Recursos Minerais), através da integração de informações multidisciplinares visando a conciliação do desenvolvimento sócio-econômico e preservação do meio ambiente.

A caracterização hidrogeológica da região cárstica de Sete Lagoas visa contribuir para o planejamento da ocupação urbana e industrial do referido município. Foram realizados estudos hidrogeológicos, a partir da elaboração do balanço hídrico, estimando-se as reservas permanentes e reguladoras em  $1,85 \times 10^8$  m<sup>3</sup> e  $8,89 \times 10^7$  m<sup>3</sup>, respectivamente.

Os estudos hidrogeológicos basearam-se no levantamento de campo, que consistiu no cadastramento de 294 pontos d'água, entre poços tubulares, poços escavados e nascentes. Os perfis construtivos-estratigráficos de 102 poços tubulares foram analisados, permitindo uma visualização do condicionamento hidrogeológico em termos de fluxo e armazenamento. Os dados levantados nos perfis dos poços tubulares balizaram a configuração topográfica do embasamento cristalino, espessura e tipo do

material sobrejacente, sendo traçados os principais fatores responsáveis pelo potencial aquífero e pelo grau de vulnerabilidade natural dos mesmos.

Interpretações de testes de bombeamento foram realizadas contribuindo para identificação das características hidráulicas de cada unidade aquífera, sendo corroboradas tais diferenciações através de 63 análises físico-químicas em poços tubulares e nascentes selecionadas.

Valendo-se destas análises, foram priorizados os aquíferos cársticos, os quais se mostraram como a principal fonte de abastecimento público e industrial, correspondendo a aproximadamente 80% da exploração da água subterrânea na área. O levantamento das principais atividades existentes e suas localizações forneceram subsídios para o reconhecimento de medidas preventivas contra o processo de contaminação dos aquíferos.

**Abstract:** Sete Lagoas city, situated 68 km north of Belo Horizonte, is an important industrial center. Urbanization and the increase of potentially hazardous economic activities in adjacent areas to the city have put at risk the population quality of living. As a consequence, evaluations of hydrogeological parameters have become quite important considering that groundwater makes up 100% of available potable water.

Field studies were performed as part of an environmental research project (Projeto Vida - Viabilidade Industrial e Defesa Ambiental). This project was carried out by the CPRM and aimed to conciliate social and economical development and environment protection.

Hydrogeological characterization of karst terrains intends to be useful for industrial and urban occupation planning. Water balance for the Jequitibá basin lead to an estimation of  $1.85 \times 10^8 \text{ m}^3$  and  $8.8 \times 10^7 \text{ m}^3$  for permanent and regulatory aquifers reserves.

Data for hydrogeological studies came from 294 groundwater exploitation sites. Available 102 stratigraphic well-logs were analysed in order to determine aquifers properties, flow-types and reserves. Topography of the gneissic basement and its relation to aquifers potentialities were also determined. The fundamental aspects of natural (intrinsic) vulnerability of the aquifers arose from structural data and the study of hydraulic properties of the saturated and non-saturated zones. Description location of antropogenic activities were used to make plans to provide against aquifers contamination.

The identification of hydraulic parameters of each aquifer unity was made through pumping tests data interpretation. Water from 63 wells and springs were analysed and the results were coherent with the separation of the aquifers into different unities. Based on these analyses karstic aquifers were selected due to its capability to supply urban and industrial areas of fresh water. It contains more than 80% of exploitable groundwater.

#### **REBOUÇAS, André Marcelino**

*Contribuição ao estudo do comportamento do cromo na zona não saturada e saturada.* 30 de agosto. 85p. Orientadora: Mária Szikszay.

**Resumo:** O presente estudo teve como objetivo avaliar os impactos causados na zona não saturada e água subterrânea freática pela infiltração de 3.212 l de efluentes industriais. Estes efluentes eram compostos por ácidos crômico e sulfúrico e foram infiltrados ao longo de 15 anos através de um sistema de fossas.

Geologicamente a área é formada por sedimentos argilo-arenosos da Formação Caçapava de idade Terciária pertencentes a Bacia Sedimentar de Taubaté. Estes sedimentos formam um sistema aquífero heterogêneo o qual na área de estudo é do tipo livre, com a profundidade do nível de água variando entre 6,5 m e 10,0 m.

Para caracterizar as contaminações da zona não saturada foram realizadas análises granulométricas, químicas e por difração de raio X de amostras de sedimento. Para identificar e delimitar a contaminação da água subterrânea freática foi implantada uma rede de 6 poços de monitoramento e realizadas 8 campanhas de coleta e análise química para Cr total e Cr VI.

Nas amostras de sedimento do PM-01, construído junto as fossas de infiltração de efluentes, as mais altas concentrações de Cu, Cr e Zn: 169 mg/l de Cu, 489 mg/l de Cr 75 mg/l de Zn, foram dezenas de vezes superiores àquelas das amostras coletadas nos PM-02, PM-03 e PM-04.

A remediação da zona não saturada no setor das antigas fossas de infiltração envolveu a

retirada de todo o sedimento contaminado o qual foi encaminhado a um aterro de resíduos industriais. As cavas foram preenchidas com solo de origem controlada e superfície foi recomposta.

As águas subterrâneas foram monitoradas durante 31 meses. Neste período apresentaram direção de fluxo de SE para NW e somente as amostras de água subterrânea do PM-01 e do PM-03 tiveram concentrações de Cr total e Cr VI acima dos limites de detecção, 0,005 mg/l para Cr VI e 0,05 mg/l para Cr total. No PM-01, construído junto as fossas de infiltração, as concentrações de Cr total e Cr VI tiveram dois períodos marcantes de queda, a primeira ocorrendo logo após o fim do uso das fossas de infiltração quando as concentrações de Cr total passaram de 93,00 mg/l para 6,85 mg/l; e o segundo ocorrendo após a remediação da zona não saturada, quando as concentrações de Cr total na água coletada neste poço passaram a ser inferiores a 6,0 mg/L.

No PM-03, situado a cerca de 40 m a jusante das fossas, as concentrações de Cr total aumentaram gradativamente ao longo de todo o período de monitoramento passando de 0,17 mg/l para 6,30 mg/l. Este comportamento evidencia o deslocamento de uma "pluma" de contaminação de Cr nas águas subterrâneas, originada nas fossas de infiltração e movimentando-se para NW com velocidade aparente de 4,84 cm/dia. Para remediar o aquífero freático foi projetado um sistema "pump and treat", constituído por um poço de bombeamento próximo ao PM-03. A água bombeada deverá ser tratada na estação de tratamento de efluentes da indústria.

**Abstract:** The aim of the present study was to evaluate the impact caused on the unsaturated zone and in the phreatic aquifer by the infiltration of 3,212 l of industrial wastewater. The wastewater was composed by chromic and sulphuric acids and was infiltrated during 15 years to a cesspit system.

The area of study is constituted by clayey and sandy sediments of the Caçapava Formation of the Taubaté Sedimentary Basin of Tertiary age. The water table of the heterogeneous free aquifer, formed by these sediments, is between 6.5 to 10.0 m depth.

The contamination of the unsaturated zone was characterised by grain size determinations, chemicals and X Ray analyses of the sediment samples. The groundwater contamination was identified and monitored by 8 campaigns for the realization of Cr Total and Cr VI analyses in waters of the 6 monitoring wells installed in the study area.

The highest Cu, Cr and Zn concentrations: 169 mg/l of Cu, 489 mg/l of Cr and 75 mg/l of Zn, from the PM-01 sediment samples, installed close to the infiltration points, were ten times higher than the ones from others monitoring wells.

In order to remedy of unsaturated zone infiltration area, the contaminated sediments were removed and sent to an industrial landfill. The holes were refilled with clean soil and the surface was recomposed.

The groundwater was monitored during 31 months. During this period the groundwater flow kept the SE to NW direction and only the analysed water samples from PM-01 and PM-03 had the concentration over to the detection limits: 0.005 mg/l to Cr VI and 0.05 mg/l to Cr Total. The concentration of Cr Total and Cr VI in the groundwater had two abrupt decreases: the first one after the infiltration points stopped and when the concentration of Cr total passed from 93.00 mg/l to 6.85 mg/l; and the second one when the unsaturated zone of the infiltration area was remedied thus decreasing the Cr total concentration to 6.00 mg/l.

In the PM-03, installed 40 m downstream from the infiltration points, the Cr total concentration increased from 0.17 mg/l to up of 6.30 mg/l, during all the monitoring period. This behaviour evidenced the presence of a Cr groundwater contamination derived from the infiltration points. This contamination plume moves with apparent velocity in the direction of NW with 4.84 cm/day. A pump and treat system was projected to enhance the aquifer remediation. This system includes a pumping well designed close to PM-03, and the contaminated groundwater treated at the wastewater treatment plant of the industrial site.

#### **ROSOLEN, Vania Silvia**

*Cartas pedogeológicas dos solos desenvolvidos sobre as rochas vulcânicas da Formação Serra Geral: utilização de um sistema de informação geográfica (SIG).* 14 de março. 84p. Orientador: Adolpho José Melfi.

**Resumo:** A bacia sedimentar do Paraná tem sido objeto de muitos estudos cujos trabalhos enfocam tanto os aspectos humanos quanto os aspectos físicos da paisagem.

As rochas da Formação Serra Geral, a vulcânicas básicas e ácidas, após submetidas aos processos de intemperismo resultam em solos que são bastante conhecidos, principalmente aqueles desenvolvidos a partir de basaltos. Os principais tipos são: a Terra Roxa Legítima e a Terra Roxa Estruturada que dominam na porção norte da bacia e os Latossolos Brunos, Planossolos, Vertissolos, Terra Brunas e Criptopodzólicos presentes na porção sul.

Porém, as informações referentes a estes solos são pontuais e dispersas em vários trabalhos, não existindo nenhum trabalho de síntese.

Neste trabalho, o enfoque é a compreensão global da evolução e distribuição dos solos formados sobre as rochas vulcânicas da Bacia do Paraná. Para isso, foi criado um banco de dados contendo informações mineralógicas, físicas, químicas e físico-químicas dos solos estudados que serviram de base para a elaboração de cartas pedogeoquímicas da área. Estas cartas foram feitas utilizando um Sistema de Informação Geográfica.

Com base nestas cartas foi possível estabelecer a repartição dos principais meios de alteração presentes na bacia e correlacioná-los com as condições ambientais. São eles: meio laterítico dessaturado, meio laterítico aluminizado e meio saturado.

**Abstract:** Não consta.

#### **SILVEIRA da SILVA, Ivone**

*Distribuição vertical e fracionamento químico de fósforo em sedimentos do Rio Tietê (região de Pirapora do Bom Jesus, São Paulo).* 16 de agosto. 65p. Orientadora: Maria Cristina Motta de Toledo.

**Resumo:** Esta dissertação de mestrado versa sobre o estudo da distribuição vertical de fósforo em sedimentos fluviais, tomando-se como estação piloto, três pontos (P1, P2 e P3) ao longo do rio Tietê, na região de Pirapora do Bom Jesus, São Paulo, Brasil. A distribuição vertical de P nos sedimentos foi estabelecida com base na análise química das frações deste elemento que foram, correlacionadas à granulometria, mineralogia e teores de ferro, alumínio e cálcio.

Os teores de P total variam para o ponto P1 de 1646 a 5002 mg/kg; em P2, de 1013 a 3314 mg/kg e em P3, de 184 a 5486 mg/kg (n=11 para cada ponto). A fração de P de maior significado no ambiente é o P associado ao ferro e ao alumínio (P-Fe/Al) que representa aproximadamente 70% do P (frações orgânica + inorgânica), enquanto que a fração associada ao cálcio (P-Ca) compreende cerca de 13% e o P orgânico (Porg) cerca de 15%. Os três pontos de amostragem apresentam um comportamento bastante semelhante na distribuição das frações de P, diminuindo os teores com o aumento da profundidade.

Os minerais encontrados nos sedimentos são comuns em rochas e solos: feldspato, quartzo e mica, destacando-se a presença pronunciada de caulinita, além de vermiculita. Também foram diagnosticados calcita, gipsita e barita, sendo que estes dois últimos evidenciam a influência de compostos de enxofre no ambiente estudado.

A análise granulométrica revelou uma boa correlação entre a fração silte dos sedimentos e as frações de P. Estas não foram associadas à fração argila, porém correlacionaram-se negativamente à fração areia.

Os metais determinados (Fe, Al e Ca), assim como os teores de matéria orgânica (MO) são significativamente correlacionados às frações de P dos sedimentos e apresentam um comportamento semelhante para os três pontos estudados, diminuindo suas concentrações com o aumento da profundidade. As mais altas razões (P- $PO_4^{3-}$  : metal) entre o P e os metais analisados foram diagnosticadas para Al, seguidas pelo Fe e Ca. As concentrações de Fe nos sedimentos são muito mais elevadas em relação ao Al e ao Ca.

Estas observações indicam que as águas do rio Tietê na região estudada estão extremamente saturadas não só por P, mas também metais (Fe, Al e Ca), além de compostos orgânicos, visto que os tratamentos químicos utilizados para as amostras de sedimentos liberaram os metais fracamente ligados aos sedimentos (extração como HCl 0,5N), o teor de MO foi obtido com ataque das amostras com água oxigenada e a fração de P de maior significado em termos de disponibilidade para a coluna d'água é o P-

Fe/Al que representa a maior parte do fósforo total nos analisados sedimentos.

**Abstract:** The aim of this master thesis is the study of phosphorus vertical distribution in fluvial sediments, at a pilot station, consisting of three points (P1, P2 and P3) along the Tietê river, in the region of Pirapora do Bom Jesus, São Paulo, Brazil. The P vertical distribution in the sediments was established based on chemical analysis of fractions of this element that were, correlated to granulometry, mineralogy and iron, aluminium and calcium contents of the sediments.

The total P contents range from 1646 to 5002 mg/kg for P1, from 1013 to 3314 mg/kg for P2 and from 184 to 5486 mg/kg for P3 (n=11 for each point). The major P fraction of the environment has been the one associated with iron and aluminium (P-Fe/Al). That amount represents approximately 70% of the total P (organic+inorganic fractions), while the fraction associated with calcium (P-Ca) is about 13% and that of organic P (Porg) about 15%. The three sampling points show a very similar behaviour in the P fractions distribution, reducing the contents with the depth increase.

The minerals found in the sediments are common in rocks and soils: feldspar, quartz and mica, emphasizing the presence of kaolinite, besides, vermiculite. It is important to mention the presence of calcite, gypsum and barite, too. The two last show the influence of sulphur compounds in the studied environment.

The granulometric analysis showed a good correlation between both, silt and P fractions. The P could not be correlated to clay fraction in the sediments and showed a negative correlation to sand fraction.

The determined metals (Fe, Al and Ca) and the organic matter (MO) contents are significantly correlated to the P fractions in the sediments and show a similar behaviour for the three studied points, reducing their concentrations with the depth increase. The highest rates (P- $PO_4^{3-}$ : metal) between P and analysed metals are the one with Al, followed by Fe and Ca. The Fe concentrations in the sediments are higher than the Al and Ca ones.

This observations show that the waters of Tietê river in the studied region are extremely saturated not only by P, but for metals (Fe, Al and Ca), besides organic compounds. The chemical treatments used for sediments samples released the metals weakly bound to sediments (extraction with HCl 0.5 N), the MO content was obtained with attack of samples with oxygen peroxide and the main P fraction in the environment in terms of availability for water column is the P-Fe/Al that represents the major total P in the analysed sediments.

#### SOUZA, Paulo Alves de

*Palinologia e bioestratigrafia do Subgrupo Itararé em Araçoiaba da Serra (Westphaliano, Bacia do Paraná), Estado de São Paulo, Brasil.* 29 de fevereiro. 116p. Orientador: Setembrino Petri.

**Resumo:** Cento e dez táxons, relacionados a vinte e cinco gêneros de esporos, nove de grãos de pólen e três de elementos microplancônicos, são verificados no poço Geomater e em 4 afloramentos da Rodovia Raposo Tavares, região de Araçoiaba da Serra, Estado de São Paulo, permitindo o estudo e a análise bioestratigráfica de parte da seção basal do Subgrupo Itararé, Bacia do Paraná. Quarenta e oito táxons são noticiados pela primeira vez na bacia, demonstrando o desconhecimento desta parte da seção e a ausência de trabalhos mais profundos desta natureza no Estado de São Paulo.

Os seguintes táxons permitem posicionar a seqüência do poço Geomater e parte dos níveis aflorantes no Westphaliano: *Granulatisporites varigranifer* Menéndez & Azcuy, 1969; *Raistrickia rotunda* Azcuy, 1975; *Diclyotriletes muricatus* (Kosanke) Smith & Butterworth, 1967; *Ahrensiporites cristatus* Playford & Powis, 1979; *Ancistrospora inordinata* Menéndez & Azcuy, 1972; *Ancistrospora verrucosa* Menéndez & Azcuy, 1972; *Florinites guttatus* Felix & Burbridge, 1967; *Florinites occultus* Habib, 1966 e *Florinites* sp.

A análise bioestratigráfica indica a correlação, inédita para a porção brasileira da Bacia do Paraná até agora, com as palinozonas mais antigas do Carbonífero da Argentina e equivalentes na Austrália, cujas seqüências são mais completas.

A seqüência palinológica do poço Geomater é dividida em três intervalos informais: inferior, intermediário e superior, delimitados pelo aparecimento e desaparecimento de táxons selecionados.

Os níveis aflorantes da Rodovia Raposo Tavares do km 122,7, 123,7 e 125,8 são correlacionados bioestratigraficamente entre si e com o intervalo superior do poço. Já os palinomorfos do km 118,6 demonstram idade mais jovem, contrariamente às interpretações litoestratigráficas prévias.

**Abstract:** Surface and subsurface (Geomater borehole) data from south of Araçoiaba da Serra, São Paulo State, contribute to the biostratigraphic and paleoenvironmental analysis of the lower part of the Itararé Subgroup, Paraná Basin. One hundred-and-ten taxa were found, related to twenty-six genera of spores, nine of pollen grains and three of microplanktonic elements. Forty-eight species are registered for the first time in the Paraná Basin, demonstrating the previous lack of knowledge of this part of the section.

The following taxa position the Geomater sequence and part of the exposed levels in the Westphalian: *Granulatisporites varigranifer* Menéndez & Azcuy, 1969; *Raistrickia rotunda* Azcuy, 1975; *Dictyotriletes muricatus* (Kosanke) Smith & Butterworth, 1967; *Ahrensia* *sp.* *crispatus* Playford & Powis, 1979; *Ancistrospora inordinata* Menéndez & Azcuy, 1972; *Ancistrospora verrucosa* Menéndez & Azcuy, 1972; *Florinites gutatus* Felix & Burbridge, 1967; *Florinites occultis* Habib, 1966; and *Florinites* sp.

Biostratigraphic analysis indicates that the palynological content is new for the Brazilian part of the Paraná Basin. In terms of Gondwana, correlation is best with the oldest Argentinian Carboniferous palinozones and equivalent palynozones in Australia.

The succession in the Geomater borehole is divisible into three informal intervals (lower, middle and upper) delimited by the disappearance and appearance of different taxa.

The taxa verified at km 122.7 123.7 and 125.8 of the Raposo Tavares highway are correlatable among themselves and with the upper interval of the borehole. Palynomorphs at km 118.6 demonstrated a younger age, contrary to previous lithostratigraphic interpretations.

Among the sporomorphs, the new species *Ancistrospora reticulata* n. sp. is described and another two are transferred to distinct genera: *Dictyotriletes pseudoplalliatius* (Staplin) new comb. and *Vallatisporites punctatus* (Marques-Toigo) new comb.

In paleoenvironmental terms, the presence of microplanktonic elements referred to *Navifusa* Combaz, Lange & Pansart, 1967 indicates a marine influence for the most of the Geomater section and in the studied outcrops as well.